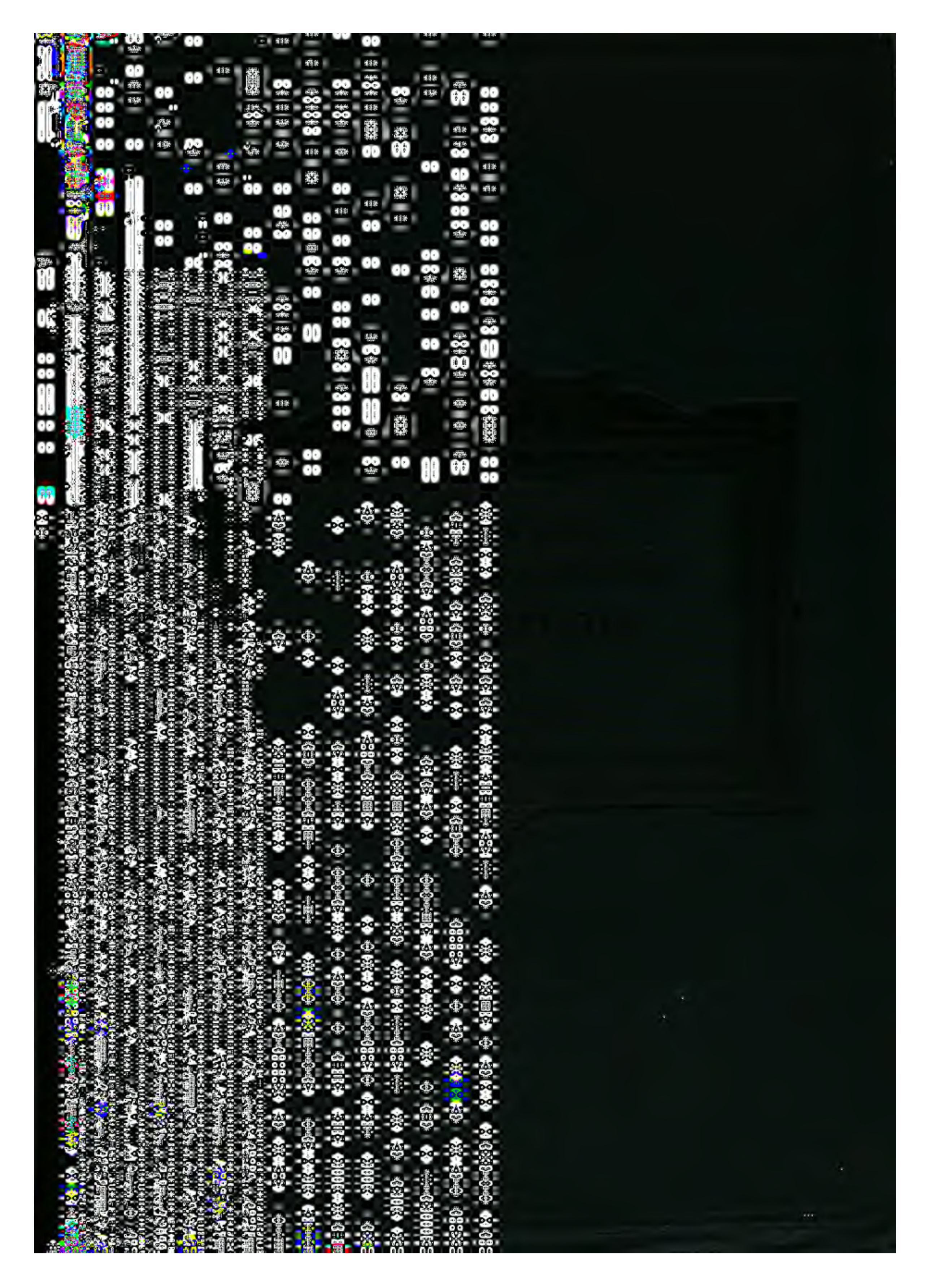






Handbuch

des

landwirthschaftlichen Wasserbaus.

Von

Dr. Emil Perels,
o. ö. Professor an der k. k. Hochschule für Bodencultur zu Wien.

Zweite, neu bearbeitete Auflage.



Mit 341 Textfiguren und 4 Tafeln in Farbendruck.

BERLIN.
VERLAG VON PAUL PAREY.
Verlagshandlung für Landwirthschaft, Gartenbau und Forstwesen.
1884.

VORWORT ZUR ERSTEN AUFLAGE.

Die vorliegende Schrift, welche in erster Reihe für Landwirthe und Studirende landwirthschaftlicher Lehranstalten bestimmt ist, stellt sich die Aufgabe, die Grundregeln des landwirthschaftlichen Wasserbaus zu entwickeln. Zu diesem Zwecke musste den beiden Hauptabschnitten „Entwässerung", d. h. Beseitigung des schädlichen Wassers, und „Bewässerung", also Zuführung des für die Vegetation nützlichen Wassers, eine allgemeine Darstellung des Kreislaufes des Wassers, ferner die Lehre von den Wasserläufen mit ihren technischen Bauten und die Methoden der Wassermessung vorangeschickt werden. Diese grundlegenden Abschnitte durften aber nur in der Ausdehnung behandelt werden, wie es für das Verständniss des angewandten Theiles unumgänglich nothwendig erschien. Ich musste mir bei jedem einzelnen Capitel die erforderliche Einschränkung — stets in Hinblick auf den eigentlichen Zweck der Arbeit — auferlegen, weil andernfalls dem Leser eine grosse Menge Material geboten würde, welches theils nur indirect den landwirthschaftlichen Wasserbau berührt, theils in den Werken über Bodenkunde, Hydraulik, allgemeinen Wasserbau u. s. w. in erschöpfender Weise behandelt wird. Es war nicht meine Aufgabe, die hydraulischen Gesetze, auf welchen der landwirthschaftliche Wasserbau beruht, zu entwickeln oder kritisch zu beleuchten; dagegen mussten die Resultate derselben aufgeführt und die Art ihrer Benutzung dargelegt werden.

Bei der Lehre von der Bewegung des Wassers in Gräben und Canälen benutzte ich die von Darcy und Bazin aufgestellten

Formeln, welche gerade für die Wasserläufe in kleineren Dimensionen eine vortreffliche Uebereinstimmung mit den practischen Messungen ergeben und sich durch ihre bequeme Benutzbarkeit empfehlen. Eine annähernd gleiche Genauigkeit in den Resultaten wird nur noch von den Kutter'schen Formeln erreicht, welche in neuester Zeit ebenfalls häufig für die Bestimmung der Abmessungen von Canälen benutzt werden. Bei der Lehre von der Bewegung des Wassers in Drainröhren konnte ich mich nicht zu der Benutzung der von v. Möllendorff aufgestellten Formel entschliessen, da meiner Ueberzeugung nach die Versuche, auf Grund deren diese Formel bestimmt wurde, nicht auf Zuverlässigkeit Anspruch machen können. Im Principe ist es zweifellos der Sachlage entsprechender, die gewöhnliche von Eytelwein entwickelte Formel durch einen Draincoëfficienten zu berichtigen, welcher mit dem Caliber der Röhren grösser wird, da mit der Weite der Röhren auch die Abweichungen von der normalen Lage eines continuirlichen Röhrenstranges und die Anomalien in den Röhrenprofilen geringer werden. Auf absolute Richtigkeit kann selbstverständlich für den vorliegenden Fall keine einzige Formel Anspruch machen; die von mir benutzte kommt aber meiner Ueberzeugung nach der Wahrheit am nächsten. Es liegt übrigens für die Praxis der Drainage kein Bedürfniss nach genauerer Bestimmung vor, als sie durch diese Formel gewährt wird.

Die vielen unausgetragenen Streitfragen, welche auf dem Gebiete des landwirthschaftlichen Wasserbaus bestehen, mussten in der vorliegenden Arbeit unberücksichtigt bleiben. Oft streben dieselben nur theilweise erreichbaren oder vollständig unerreichbaren Zielen nach. Es ist jedenfalls von hohem Interesse, diese idealen Wünsche durch Einzelschriften und Veröffentlichungen in Zeitschriften kennen zu lernen, wohingegen eine Schrift, welche sich zur Aufgabe gestellt hat, eine generelle Uebersicht des landwirthschaftlichen Wasserbaus für die gegenwärtigen Verhältnisse zu geben, dieselben nicht zu behandeln hat. Hierher gehört z. B. das Thema der Beseitigung der Schutzdämme (Deiche), die wohl in einzelnen Fällen zulässig und sogar erwünscht sein kann, dagegen durchaus nicht, wie dies zuweilen geschieht, als Princip aufgestellt werden darf. Auch ist zu berücksichtigen, dass, selbst wenn als Grundsatz einer künftigen Wasserbautechnik die Beseitigung der Dämme aufgestellt werden sollte, die Durchführung dieses Programmes erst nach Jahrhunderten vollendet werden kann. Während dieser Zeit wird man, im An-

schlusse an die bestehenden Zustände, noch manchen Damm zu bauen und zu erhalten haben, so dass die technischen Schriften sich noch sehr lange mit der Anordnung derselben beschäftigen müssen. Ferner gehört hierher die Frage über die Benutzung der Schifffahrtscanäle gleichzeitig als Bewässerungscanäle, die in neuester Zeit wieder lebhaft in Anregung gebracht wurde.

Aus dem nämlichen Grunde wurde auch die Benutzung des städtischen Canalwassers zur Bewässerung nicht in die vorliegende Arbeit einbezogen. Die rationellste Verwendung desselben ist bis jetzt weder durch wissenschaftliche Untersuchungen noch durch practische Erfahrungen definitiv klar gestellt. Eine Behandlung des Gegenstandes würde somit nur einen neuen Beitrag zu einer, hoffentlich in nicht zu langer Zeit zum Abschlusse zu bringenden Streitfrage bilden, während heutigen Tages noch Niemand im Stande ist, endgültig feststehende Gesetze über die Benutzung des städtischen Canalwassers zur Bewässerung mit nur einiger Sicherheit aufzustellen.

Dem Abschnitte „Entwässerung" wurde als erster Theil die Lehre von der Beschaffung der Vorfluth vorangeschickt. Ich hoffe, dass die eingeschlagene Behandlung die Uebersichtlichkeit des Gegenstandes erleichtern wird; in den Schriften über Drainage konnte demselben eine nur geringe Beachtung geschenkt werden. Da jedoch die Beschaffung der Vorfluth die Grundlage für jede Art der Entwässerung bildet, so habe ich gerade dieses Capitel in besonders eingehender Weise behandelt und auch in dem Abschnitte „Technischer Wasserbau" die bei der Beschaffung und Erhaltung der Vorfluth massgebenden Verhältnisse stets berücksichtigt.

Eine wesentlich verschiedenartige Behandlung mussten die beiden Hauptabschnitte des Werkes „Entwässerung" und „Bewässerung" erfahren. Während bei ersterer der Zweck allein mittelst eines auf hydraulischen Grundsätzen beruhenden Vorganges erreicht wird, dient die Bewässerung den verschiedensten Aufgaben, bei deren Erfüllung theilweise mit physiologischen, von localen und klimatischen Verhältnissen abhängigen Vorgängen zu rechnen ist. Bei ersterer gestaltet sich somit die Darstellung wesentlich einfacher als bei der Bewässerung, deren Charakterisirung unter den verschiedenen localen Verhältnissen vorangehen musste, um die Bedeutung und die Erfolge derselben klar zu legen. Ein besonderes Gewicht glaubte ich hierbei auf den wesentlichen Unterschied der Bewässe-

rüng in heissen Ländern und in unserem Klima legen zu müssen, da noch recht häufig, aber ganz unberechtigter Weise, die Ausdehnung der Wasserwirthschaft in den heissen Ländern als für uns direct nachahmenswerth hingestellt wird.

Wie Eingangs bereits erwähnt, habe ich das Handbuch des landwirthschaftlichen Wasserbaus in erster Reihe in der Absicht verfasst, dem Landwirthe ein Werk an die Hand zu geben, welches ihm einen Ueberblick über das Gesammtgebiet des Wasserbaus in seiner Beziehung zur Bodencultur gewährt, welches ihm somit bei der Beurtheilung einschlagender Fragen als Führer dienen kann. Selbstverständlich konnte die Absicht nicht vorliegen, die anerkannten Specialwerke des allgemeinen Wasserbaus, der Drainage und des Wiesenbaus entbehrlich zu machen, da diese viele Gesichtspunkte in weit detaillirterer Weise behandeln können als vorliegendes generelles Werk; namentlich wird der ausführende Techniker ein Studium derselben niemals entbehren können.

Ursprünglich hatte ich die Absicht, den gegebenen Abschnitten einen folgenden „das Wasser als Triebkraft" anzuschliessen, bin aber nach eingehender Erwägung hiervon zurückgekommen. Unter diesem Titel wären die Wasserräder, Turbinen, Wassersäulenmaschinen und hydraulischen Widder sowie ferner die Benutzung des fliessenden Wassers als Transportmittel zu behandeln. Während letzteres aber in erster Reihe dem forstlichen Wasserbau zufällt, werden die Motoren in den Werken über Maschinenkunde in derartig erschöpfender Weise behandelt, dass eine nochmalige Besprechung überflüssig erscheinen muss.

Nachdem ich so die wesentlichsten Gesichtspunkte, die mich bei der Abfassung der Schrift leiteten, dargelegt, spreche ich noch die Bitte aus, dem Werke allerseits eine freundliche Aufnahme und eine gerechte Beurtheilung von den entwickelten Gesichtspunkten aus zu Theil werden zu lassen.

Wien, den 9. Juli 1877.

Dr. Emil Perels.

VORWORT ZUR ZWEITEN AUFLAGE.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage des Handbuches des landwirthschaftlichen Wasserbaus hat der Gegenstand desselben in den Fachkreisen ausserordentlich an Interesse gewonnen. Man war aufs Lebhafteste bemüht, Klarheit in die vielen noch offenen Fragen sowohl des allgemeinen als auch des speciell landwirthschaftlichen Wasserbaus zu bringen und hat die vielseitige Discussion derselben wesentlich dazu beigetragen, dass wir heutigen Tages weit weniger Meinungsverschiedenheiten über die einschlagenden Fragen begegnen als vor einem Decennium.

Diese Klärung der Anschauungen musste selbstverständlich auch der neuen Auflage zu Gute kommen, welche dementsprechend in vielen Theilen einer sehr weitgehenden Umarbeitung unterzogen wurde. Ich darf mich jetzt der Hoffnung hingeben, dass die Darstellungen über die „Regulirung der Flüsse" und „Verhütung der Ueberschwemmungen", in Hinsicht welcher noch vor Kurzem die Anschauungen weit auseinander gingen, keinem ernsten Widerspruche, wenigstens seitens der Fachmänner, begegnen werden. In gleicher Weise hoffe ich, dass die Umarbeitung und Ausbildung der Abschnitte „Entwässerung" und „Bewässerung" die Anerkennung der Fachgenossen finden werden. In diesen Abschnitten ist auch die Anordnung eine abweichende von derjenigen der ersten Auflage geworden, indem die Ent- und Bewässerung grösserer Gebiete in gesonderten Capiteln behandelt wurden, welche Trennung mir nicht nur in didaktischer, sondern auch in technischer Hinsicht zweckmässiger erschien als die bisherige Behandlung. Ich hoffe, dass hierdurch die Uebersichtlichkeit des

Werkes, auf welche ich bereits bei der ersten Auflage besonderen Werth legte, erhöht wird.

Das bei der Abfassung der ersten Auflage befolgte Princip, auf die Streitfragen des Faches nicht einzugehen, ist auch bei der Neubearbeitung befolgt worden. Ich glaube, keinen Fehlschluss zu thun, wenn ich den günstigen Erfolg des Werkes unter Anderem dem durchgeführten Grundsatze zuschreibe, dass dasselbe nur thatsächlich Feststehendes, ohne jede Polemik, für welche ja eine reichhaltige Literatur besteht, darlegte. Gerade hierdurch glaube ich, dass das Werk, welches ursprünglich in erster Linie für den Landwirth bestimmt war, auch den angehenden Culturtechnikern gute Dienste leisten wird, wie auch die erste Auflage von diesen und selbst von den in der Praxis stehenden Ingenieuren vielfach benutzt wurde.

Bei der Neubearbeitung des Werkes suchte ich überall, wo dies erforderlich erschien, den Rath bewährter Sachverständiger einzuholen, der mir auch von allen Seiten aufs Bereitwilligste ertheilt wurde. Ich müsste eine ganze Reihe von Namen anführen, wollte ich Jedem derselben nach Gebühr gerecht werden. Besonders bin ich jedoch meinem Collegen, Herrn Professor Dr. J. Breitenlohner, zu Dank verpflichtet, welcher die Abschnitte „die atmosphärischen Niederschläge", Seite 4—10 und „die Bildung der Moore", Seite 21—26 in bereitwilligster Weise einer Durchsicht bezw. Neubearbeitung unterzog.

Wenn ich schliesslich hervorhebe, dass ich es bei der Bearbeitung an Fleiss und Sorgfalt nicht fehlen liess, so darf ich mich wohl der Hoffnung hingeben, dass das Werk die gleich freundliche Aufnahme finden werde wie bei seinem ersten Erscheinen und dass es sich denen, welche es zu Rathe ziehen, als brauchbar und nützlich erweisen möge.

Wien, den 1. Juli 1884.

Dr. Emil Perels.

INHALTSVERZEICHNISS.

I. Abschnitt. Allgemeiner Theil.

II. Abschnitt. Technischer Wasserbau.

III. Abschnitt. Die Entwässerung.

IV. Abschnitt. Die Bewässerung.

Anhang.

Literatur des landwirthschaftlichen Wasserbaus.

I. ABSCHNITT.

ALLGEMEINER THEIL.

A.

DAS WASSER UND DER BODEN.

a. Die atmosphärischen Niederschläge.

Die atmosphärische Luft besitzt die Fähigkeit, eine bestimmte Menge Wasserdampf in sich aufzunehmen, welche im Wesentlichen von der Temperatur der Luft abhängig ist. Durch die Aufnahme von Wasserdampf wird die Spannung der trockenen atmosphärischen Luft vermehrt und bezeichnet man den hieraus resultirenden Ueberdruck als Dunstdruck oder als absolute Feuchtigkeit. Die erhebliche Abhängigkeit derselben von der Temperatur zeigt folgende Tabelle über den Dampfgehalt der gesättigten Luft:

Temperatur. Celsius.	Spannung der Wasserdämpfe. mm	Temperatur. Celsius.	Spannung der Wasserdämpfe. mm
— 30	0,39	+ 5	6,53
— 25	0,61	+ 10	9,17
— 20	0,93	+ 15	12,70
— 15	1,40	+ 20	17,39
— 10	2,09	+ 25	23,55
— 5	3,11	+ 30	31,55
0	4,60	+ 35	41,83

Diese Uebersicht zeigt zunächst, dass mit der Temperatur auch der Wassergehalt der Luft zunimmt und zwar, dass bei höherer Temperatur diese Steigerung eine unverhältnismässig grössere ist. Die Sättigung der Luft muss demnach abhängig sein von den Jahreszeiten, den Tageszeiten, der Pol- und Seehöhe eines Ortes.

In Bezug auf die Jahreszeiten nimmt die periodische Steigerung des Dunstdruckes mit der Steigerung der Wärme zu, so dass wir die nämlichen Maxima und Minima erhalten wie bei dieser. Die Tageszeiten betreffend steigt der Dunstdruck im Laufe des Vormittags; alsdann treten jedoch Abweichungen ein. Im Binnenlande sinkt während der Mittagsstunde der Dunstdruck, weil die Feuchtigkeit durch den aufsteigenden Luftstrom in höhere Regionen abgeführt wird. In Küstengegenden steigt dagegen die Dampfspannung stetig mit der Temperatur. Der aufsteigende Luftstrom entführt namentlich über den aequatorialen Meeren bedeutende Mengen Wasserdampf, welcher dort auch die Veranlassung zu täglichen Regengüssen und elektrischen Entladungen ist.

Für den Ausdruck der absoluten Feuchtigkeit ist es zweckmässiger, anstatt der Spannung des Wasserdampfes oder des Dunstdruckes das Gewicht des Dampfes in Cubikmeter Luft anzugeben.*) Die anschaulichste Vorstellung von dem Grade der Dampfsättigung der Luft gewinnt man jedoch durch den Ausdruck der relativen (procentischen) Feuchtigkeit, d. i. das procentische Verhältniss der wirklichen zur möglichen Feuchtigkeit, letztere = 100 gesetzt.

Die Niederschläge entstehen durch Condensation des Wasserdampfes. Die Luft bleibt klar, so lange der Sättigungs- oder Thaupunkt nicht erreicht ist. Sobald aber dieser Punkt oder Temperaturgrad überschritten wird, erfolgt eine Ausscheidung desjenigen Antheiles Wasserdampf, welcher sich bei der gegebenen Temperatur nicht mehr als solcher erhalten kann.

Unter Wolken oder Nebel versteht man ausgeschiedenen Wasserdampf. Bei niedrigen Wolken besteht diese Ausscheidung aus Wassertröpfchen, bei höheren wohl auch aus Eisnadeln.

Die Niederschläge selbst treten in Form von Thau, Reif, Hagel, Graupen, Regen und Schnee auf.

Thau entsteht, wenn wasserdampfreiche Luft mit kälteren Gegenständen in Berührung kommt. Bei der Erscheinung des Reifes bilden sich die Eiskrystalle bereits in der umgebenden Luft. Der Thaufall stellt sich in heiteren, windstillen Nächten in Folge lebhafter Ausstrahlung ein. Bei bedecktem Himmel oder in geschlossenem Walde entsteht kein Thau, weil sowohl die Wolkendecke als auch die Baumkronen die Wärmestrahlen reflectiren und somit eine grössere Abkühlung der untersten Luftschichten durch Ausstrahlung verhindern.

Im Gebirge sind die Thaufälle oft derartig erheblich, dass sie einem gelinden Regen gleich kommen. Die Messung der Thaumenge mit Hülfe des Thaumessers oder Drosometers ist mit erheblichen technischen Schwierigkeiten verbunden, so dass die bezüglichen Beobachtungresultate nur auf annähernde Richtigkeit Anspruch machen können.

---

*) Zufällig entspricht nahezu die Anzahl Millimeter Dunstdruck derselben Anzahl Gramm gasförmigen Wassers.

In trockenen Gegenden kann bereits Reif entstehen, wenn auch die Luftwärme + 4 bis 5 Grad beträgt, sobald die Wärmeausstrahlung durch klaren Himmel begünstigt und der Temperaturunterschied zwischen der Luft und dem bewachsenen Boden durch ruhige Luft verschärft wird.

Ueber die Entstehung des Hagels (der Schlossen), d. h. wirklicher Eiskörner von verschiedener Grösse und Form, sind bislang zahlreiche Hypothesen aufgestellt worden, in welchen zumeist die Electricität eine hervorragende Rolle spielt. Graupen sind Kügelchen von zusammengeballten Schneeflocken und fallen in der Regel in der Uebergangszeit vom Herbst zum Winter und vom Winter zum Frühjahre.

Die bedeutendsten Niederschläge treten in Form von Regen und Schnee auf.

Die Erscheinungsform ist lediglich von der Temperatur abhängig. Oft bedecken sich mitten im Hochsommer die Gebirge mit Schnee, wogegen in den Niederungen Regen fällt. Da die Temperatur mit der Höhe stetig abnimmt, so bilden sich in den höheren Luftschichten die bekannten Schneekrystalle, während sie sich in den tieferen Regionen wieder zu Wasser verflüssigen. In unseren Breiten ist während des Winters in Folge der niedrigen Temperatur der Schneefall die gewöhnliche Niederschlagsform.

Ausgiebige Niederschläge entstehen zu Folge aufsteigender Luftmassen, aus welchem Grunde auch die Niederschlagsmenge in den tropischen Gebieten am grössten ist. Da im Gebiete einer Depression die Luftmasse eine aufsteigende Tendenz hat, so übt in unseren Breiten die Luftdrucksvertheilung den wichtigsten Einfluss auf die Menge der Niederschläge.

Ferner übt die Seehöhe eines Ortes einen entschiedenen Einfluss auf die Regenmenge aus. Hohe, in die Eis- und Schneeregion aufragende Gebirge, überhaupt die Alpenwälle, sind äusserst wirksame Condensatoren der Luftfeuchtigkeit. Der Nordabhang ist für die Winde aus dem nördlichen Quadranten, der Südabhang für die Winde aus dem südlichen Quadranten die Regenseite.

In Mittel- und Nordeuropa fällt die grösste Regenmenge während der Sommerszeit (Gebiet der Sommerregen), in Südeuropa während der Herbst- und Frühlingsmonate (Gebiet der Aequinoctialregen). Noch südlicher herrschen die Winterregen vor.

Für die Technik des Wasserbaus ist es von Interesse, die jährliche Regenmenge eines Ortes oder Landes, in gleicher Weise aber auch die Vertheilung derselben auf die verschiedenen Jahreszeiten und ferner die Menge des bei ausserordentlich starken Niederschlägen in wenigen Tagen auf den Erdboden auffallenden Wassers zu kennen. Die Vertheilung des Niederschlages in den verschiedenen Jahreszeiten ist darum von Wichtigkeit, weil die im Sommer fallenden Niederschläge in Folge der hier weit stärkeren Verdunstung in ganz anderer Weise auf den Boden wirken als in der Zeit, in welcher die Verdunstung sehr niedrig ausfällt. Die bei plötzlichen und sehr

starken Regenfällen in wenigen Tagen zum Niederschlage gelangenden Wassermassen sind für die Beurtheilung der Hochwässer von erheblichstem Einflusse, namentlich in denjenigen Ländern, in welchen die als Regulatoren der Wasserspeisung functionirenden Wälder, Seen und Sümpfe immer mehr verschwinden und dem Ackerboden Platz machen.

Als Mass für die Regen- und Schneemenge, welche auf den Boden fällt, nimmt man die Wasserhöhe an, zu welcher der Niederschlag auf der horizontalen Bodenfläche sich ansammeln würde, wenn derselbe weder verdunstet, noch in den Boden einsinkt, noch auf demselben abfliesst. Für die Messung des Schnees muss derselbe geschmolzen werden, da man aus seiner Höhe in Folge der sehr verschiedenen Dichtigkeit keinen unmittelbaren Schluss auf die entsprechende Wassermenge ziehen kann. Im Durchschnitte rechnet man jedoch 1 cm Schnee = 1 mm Wasser. Die gefundene Wasserhöhe wird in Millimetern ausgedrückt. 1 mm Regenhöhe ergiebt demnach pro Hektar 10 cbm Wasser.

Die Messung des Niederschlages geschieht mittelst des Regenmessers. (Ombrometer, Pluviometer). In seiner einfachsten Form besteht derselbe aus einem oben offenen Gefässe aus Zinkblech mit einer Auffangfläche von bestimmter Grösse, gewöhnlich $^1/_{20}$ qm, und dem Sammelgefässe. Zum Messen des Wassers bedient man sich eines graduirten Glascylinders, an welchem man unmittelbar die Höhe des Niederschlages abliest. Der Apparat wird genau horizontal in einer Höhe von etwa 2 m über dem Boden aufgestellt. Eine sehr hohe Aufstellung, z. B. auf einem Dache, ist unzulässig, da hier die gemessene Niederschlagsmenge zu gering ausfällt.

Um die mittlere Jahres-Regenmenge eines Ortes zu bestimmen, müssen die Beobachtungen eine Reihe von Jahren hindurch unter gleichen Verhältnissen angestellt werden, woraus man alsdann die Durchschnittsmenge als arithmetisches Mittel erhält. Für eine Anzahl von Orten sind die in dieser Weise ermittelten Niederschlagsmengen pro Jahr in der nachfolgenden Uebersicht angegeben.

Jährliche Niederschlagshöhe in Centimetern.

Beobachtungsort.	Niederschlags-höhe.	Beobachtungsort.	Niederschlags-höhe.
Suez	3	Stettin	49
Astrachan	12	Jerusalem	49
Alexandrien	22	Brünn	50
Odessa	36	Pilsen	50
Madrid	38	Szegedin	52
St. Petersburg	42	Budapest	53
Prag	47	Leipzig	54
Riga	48	Marseille	55

Beobachtungsort.	Niederschlags-höhe.	Beobachtungsort.	Niederschlags-höhe.
Breslau	56	München	81
Hannover	57	Neapel	85
Paris	58	Innsbruck	87
Christiania	59	Buenos-Ayres . . .	87
Kopenhagen	59	Venedig	89
Berlin	59	Agram	90
Wien	59	Klagenfurt	96
St. Francisco	60	Mailand	97
London	61	Florenz	108
Czernowitz	61	Zürich	110
Pecking	61	Triest.	111
Krakau	63	Salzburg	116
Hamburg	66	New-York	120
Lemberg	68	Sidney	129
Konstantinopel . . .	70	Corfu	132
Brüssel	71	Laibach	142
Lissabon	73	Fiume	153
Dublin	74	Bregenz	155
Linz	75	Bergen	184
Bozen	75	Alt-Aussee	197
Gibraltar	76	Singapore	228
Lyon	78	Havanna	232
Graz	79	Valdivia	277
Algier	79	Cayenne	330
Rom	81	Cherrapunji	1252

Die Vertheilung der Niederschlagsmenge auf die verschiedenen Jahreszeiten ist für einige Orte mit Sommerregen, Aequinoctialregen und Winterregen in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Procentische Vertheilung der Niederschläge.

Beobachtungs-Ort.	Winter. (December, Januar, Februar.)	Frühling. (März, April, Mai.)	Sommer. (Juni, Juli, August.)	Herbst. (September, October, November.)
St. Petersburg . .	14,7	32,8	33,5	19,0
Königsberg	19,5	16,1	32,8	31,6
Berlin	19,9	25,2	35,8	19,1
Wien	18,7	25,0	34,1	22,2
Triest	17,1	22,2	22,9	37,8
Mailand	21,2	23,8	24,1	30,9
Rom	30,5	23,2	11,1	35,2
Algier	48,8	21,3	2,1	27,8

Regenwahrscheinlichkeit. Für die Vorstudien grösserer Bewässerungsanlagen ist es von Wichtigkeit, für einen bestimmten Ort die mittlere Anzahl der Tage eines Monates oder eines längeren Zeitabschnittes zu kennen, an welchen Niederschläge eintreten. Man erhält den Ausdruck für die Regenwahrscheinlichkeit, wenn man die durchschnittliche Zahl der Niederschlagstage in einem bestimmten Zeitraume durch die Gesammtzahl der Tage dieses Zeitraumes dividirt.

Wien hat im Juli durchschnittlich 13,3, im September 8,3 Regentage, somit ist die Regenwahrscheinlichkeit für Juli 0,43, für Septembar 0,28; d. h. im Juli fallen auf je 10 Tage 4, im September nicht ganz 3 Regentage.

Es geben diese Zahlen im Vereine mit denjenigen der Niederschlagsmenge und ihrer periodischen Vertheilung einen sehr verlässlichen Massstab zur Beurtheilung des Klimas in pflanzengeographischer und landwirthschaftlicher Hinsicht.

Mit Ausnahme einzelner Districte am Aequator, in welchen es fast täglich regnet, nimmt die Zahl der Regentage vom Aequator nach den Polen stetig zu. In Süd-Italien kommen auf das Jahr 71 Regentage, in Ober-Italien 88, in Ungarn 112, Nordfrankreich und Belgien 152, Nord-Deutschland 154, Holland 170. Die Zahl der Regentage ist an den Küsten eine grössere als im Innern des Landes.*)

Auch die Zahl der Schneetage im Vergleiche zu den Regentagen sowohl in den einzelnen Perioden als in den Jahressummen ist für die Vorstudien zu Meliorationsanlagen in der Regel von Wichtigkeit; die meteorologischen Veröffentlichungen geben in neuerer Zeit dieses Verhältniss für die Beobachtungsstationen an.

Ausserordentliche Niederschläge. Es sollen noch einige Fälle von ausserordentlich starken Niederschlägen aufgeführt werden, da derartige phänomenale Ereignisse sowohl zu Ueberschwemmungen als auch zuweilen zu anhaltenden Versumpfungen Veranlassung geben. Bei der Bemessung von Durchlässen durch Deiche, von Entwässerungsgräben und von Reservoiren muss stets auf die Möglichkeit solcher ausserordentlich starken Niederschläge Rücksicht genommen werden.

Lehrreich ist hier zunächst die Ermittlung des Zeitraumes, innerhalb welches derartig besonders starke Niederschläge einzutreten pflegen. Nach den Untersuchungen, welche Fritsch angestellt hat, um die Frage zu beantworten, wie viele Jahre vergehen müssen, bis eine Regenhöhe von über 66 mm in 24 Stunden erreicht wird, ergaben sich u. A.

für Wien und Brünn 17 Jahre,
für Venedig 8,5 Jahre,
für Klagenfurt 5,7 Jahre,
für Aussee 4,5 Jahre,
für Laibach 2,5 Jahre,
für Triest 1,9 Jahre.

Die aussergewöhnlich starken Regenfälle sind natürlich in den Tropen viel bedeutender als in unserem Klima; in Cherrapunji (Bengalen) im Wirkungsgebiete der Südwest-Monsume fielen am 14. Juni 1876 1036 mm,

*) Lorenz und Rothe, Lehrbuch der Klimatologie, Wien 1874, Seite 142.

in 5 Tagen 1781 mm, vom 12. bis 16. Juni 1876 in 5 Tagen sogar die unglaubliche Menge von 2898 mm;*) in Cayenne beobachtete man im Februar 1820 in 10 Stunden 266,5 mm. Jedoch wurden auch bei uns zeitweilig ausserordentliche, wenn auch niemals so lange andauernde Niederschläge registrirt. Am 30. Mai fielen in Genf in 3 Stunden 162 mm (pro Stunde 54 mm), in Brüssel am 4. Juni 1839 bei einem Gewitter binnen 3 Stunden 83,6 mm (pro Stunde 27,9 mm), in Marseille am 21. September 1838 in 25 Minuten 40,5 mm. Die grösste bisher an einem Tage in Wien gemessene Regenmenge ergab vom 28. bis 29. Juli 1882 in 24 Stunden 104,2 mm.

Die Niederschläge in Südtirol und Kärnten im September und October 1882, welche bekanntlich die verheerendsten Ueberschwemmungen zur Folge hatten, sind in den nachfolgenden Uebersichten zusammengestellt.

Niederschläge in Südtirol im September 1882.

Stationen.	15.	16.	17.	18.	Summe der viertägigen Periode.	Monatssumme.	4tägige Periode in Procenten der Monatssumme.
	September.						
Pejo	172	55	52	10	289	395	73
Coredo	29	105	62	41	237	374	63
Welschnofen	109	65	30	4	208	346	60
Cavalese	61	49	79	6	195	319	61
Predazzo	44	99	82	57	282	466	61
San Michele	99	84	75	8	266	421	63
Faedo	92	61	76	3	232	391	59
Trient	66	108	81	36	291	439	66
San Lorenzo	107	61	57	3	228	431	53
Riva	106	38	27	5	176	373	47
Roveredo	75	98	81	16	270	420	64
Ala	60	84	77	34	255	430	51

Anmerkung. Betreffend die meteorologischen Verhältnisse in dieser Zeit sei erwähnt, dass am 12. Sept. das barometrische Minimum über Holland, am 13. über Mitteleuropa, am 14. über den Alpen (ein zweites tieferes über der Nordsee) lag, worauf es sich am 15. über den Golf von Genua, am 16. nach Norditalien und Mitteleuropa und am 17. nach Nord- und Mittelitalien, am 18. nach Oberitalien und Steiermark verschob, während das barometrische Maximum alle diese Tage hindurch über dem nordöstlichen Theile von Russland festsass. Am 12. und 13. regnete es allenthalben in Strömen und fiel hier und da Schnee auf dem höheren Gebirge. Bisher hatten südöstliche Luftströme vorgeherrscht, als am

*) Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, XVII. Band, Seite 402 nach dem *Quarterly Journal of the Meteorological Society* Vol. VIII. Januar 1882.

13. September Nordwinde einfielen, welche die Berge überall mit schweren, in Tirol fusshohen Schneemassen bedeckten. Aber schon am 14., als das barometrische Minimum auf die Alpen selbst überging, trat Föhnwind auf, der überall warmen, den Schnee rasch wegschmelzenden Regen und häufige Gewitter brachte.

Niederschläge in Kärnten im October 1882.

Stationen.	26.	27.	28.	29.	Summe der viertägigen Periode.	Monats-summe.	4tägige Periode in Procenten der Monatssumme.
	October.						
Raibl	15	142	240	.7	404	769	53
Saifnitz	37	3	67	72	179	356	50
Bleiberg	0	23	27	25	75	279	27
Tröpolach . . .	82	0	104	77	263	387	68
Cornae	4	136	58	0	198	341	58
Berg	4	50	64	0	118	257	46

b. Die Verdunstung.

Bekanntlich findet eine Verdunstung des Wassers, d. h. eine Verwandlung des flüssigen in den dampfförmigen Zustand desselben von der Oberfläche aus, bei jeder Temperatur statt; die Stärke derselben ist jedoch eine sehr verschiedenartige und hängt ab in erster Reihe von der Temperatur, ferner von der Stärke und herrschenden Richtung der Winde, von der Feuchtigkeit der Luft, von der Höhenlage über dem Meeresspiegel, von der Beschaffenheit und Bedeckung des Bodens.

Die Stärke der Verdunstung des auf dem Erdboden vertheilten und in denselben eingedrungenen Wassers wird zumeist indirect bestimmt. Man misst oder wägt die Wassermenge, welche aus einem oben offenen, genau vermessenen und mit Wasser gefüllten Gefässe in einer bestimmten Zeit durch Verdunstung entfernt wird, wobei man dasselbe den Einwirkungen des Windes und der Sonne möglichst in gleicher Weise aussetzt, wie dies durchschnittlich bei dem Erdboden der Fall ist. Der Verdunstungsmesser oder Atmidometer leidet an manchen Fehlern, welche zu ungenauen Resultaten Veranlassung geben. Der wichtigste derselben ist, dass der Vorgang der Verdunstung von dem Erdboden, welcher Feuchtigkeit aufgenommen hat, ein anderer ist als die Verdunstung aus einem Bassin. Bei ersterem wird, da die Verdunstung nur an der Oberfläche stattfindet, diese sistirt, sobald die obere Schicht ihre Feuchtigkeit an die Luft abgegeben hat; ein Fortgang derselben kann erst eintreten, nachdem das in den tiefer gelegenen Schichten befindliche Wasser durch die Capillar-Attraction bis zur Oberfläche gelangt. Die Stärke der Verdunstung ist also abhängig von der Zufuhr des Wassers aus den unteren

Schichten, d. h. von der Bodenbeschaffenheit und der Tiefe des Wasserstandes in dem Boden. Trotzdem ist die Stärke der Verdunstung von der Erdoberfläche eine grössere als von einem Bassin, da die der Luft und der Wärme dargebotene Oberfläche in Folge der vielen Unebenheiten eine ungleich grössere ist, als bei einem ebenen Wasserspiegel. Ausser mit der Grösse der zu Tage liegenden Bodenfläche steigt die Verdunstung mit Zunahme der Dichtigkeit des Bodens; auch ist dieselbe nach Wollny's Versuchen um so grösser, je dunkler die Farbe des Bodens ist.

Man hat übrigens in neuerer Zeit auch Verdunstungsmesser construirt, welche die Verdunstung des Wassers im Boden unmittelbar zu messen gestatten. Dahin gehört Ebermayer's Evaporationsapparat, der dazu dient, die Verdunstung des Wassers von verschiedenen und verschieden bedeckten Bodenarten zu messen.

Die Stärke der Verdunstung wird, analog der Niederschlagsmenge, durch die Höhe der Wasserschicht ausgedrückt, welche in der angegebenen Zeit in Dampfform übergeht. Als Masseinheit dient in nämlicher Weise das Millimeter.

Die erhebliche Abhängigkeit der Verdunstung von der Temperatur lässt sich dadurch erkennen, dass in Gegenden von grösserer Jahreswärme die Verdunstung im Allgemeinen stärker ist als in solchen von geringerer Durchschnittstemperatur; ferner aber auch durch die sehr verschiedene Stärke der Verdunstung in den verschiedenen Jahreszeiten. Nachfolgende Uebersichten lassen diesen Einfluss der Temperatur auf die Verdunstung deutlich erkennen.

Tabelle über die jährliche Verdunstung.

Beobachtungsort.	Mittlere Jahrestemperatur. Grade Celsius.	Mittlere jährliche Verdunstung. mm
Afrikanische Steppe	—	9450
Cumana	—	3580
Marseille	14,1	2295
Rom	15,9	1976
Mannheim	10,1	1858
Bordeaux	13,9	1596
Manchester	9,4	1120
Liverpool	10,5	967
Wien	9,7	711
Berlin	9,0	702
Würzburg	10,4	686
Tübingen	8,3	645
London	10,5	643
Breslau	8,2	400
Tegernsee	7,0	397

Die folgende Tabelle zeigt die Vertheilung der Verdunstung, verglichen mit derjenigen der Niederschläge, für Arnstadt in Thüringen nach 14 jähriger und für Stuttgart nach 15 jähriger Beobachtung.

Tabelle über die Niederschlags- und Verdunstungshöhe nach Jahreszeiten.

Jahreszeit.	Arnstadt.		Stuttgart.	
	Niederschläge. mm	Verdunstung. mm	Niederschläge. mm	Verdunstung. mm
Winter (December, Januar, Februar)	87,2	31,5	101,3	45,8
Frühling (März, April, Mai) . .	129,3	106,6	139,0	179,8
Sommer (Juni, Juli, August) . .	178,1	169,4	209,7	256,7
Herbst (September, October, November)	104,0	70,6	159,0	99,7
Jahresmenge	498,6	378,1	609,0	582,0

Der Einfluss des Windes auf die Stärke der Verdunstung ist allgemein bekannt; die Geschwindigkeit desselben, der Grad der Sättigung der bewegten Luft mit Wasser und die Temperatur der letzteren üben einen so erheblichen Einfluss, dass an windigen Tagen sich die Verdunstung oft um das Doppelte der an windstillen Tagen gemessenen erhöht. Die Neigung des Terrains gegen die Richtung des Windes und gegen den Stand der Sonne beeinflusst ebenfalls die Stärke der Verdunstung, dergestalt, dass z. B. Hangflächen, welche gegen die vorherrschende Windrichtung geneigt sind, eine grössere Verdunstung zeigen als solche, deren Fall von dieser Richtung abgewendet ist.

Bereits Seite 11 ist hervorgehoben worden, dass die Verdunstung von der Erdoberfläche eine grössere ist als von einem Wasserspiegel. Dieselbe verlangsamt sich jedoch erheblich nach Abtrocknung der oberen Schicht und kann nur in dem Masse weiter fortgehen, wie die Feuchtigkeit aus den tieferen Schichten an die Oberfläche tritt. Die Capillarität und Wassercapacität des Bodens, dem zu Folge also die physikalischen Eigenschaften desselben, können nunmehr die Stärke der Verdunstung erheblich modificiren. Es ist ferner darauf hinzuweisen, wie verschieden die Verdunstung des reinen Wassers gegenüber derjenigen einer mehr oder minder starken Salzlösung ist*): Böden, welche mit löslichen Salzen gedüngt sind, müssen aus diesem Grunde eine geringere Verdunstungsfähigkeit zeigen. Einen weiteren verstärkenden Einfluss übt die Vegetation auf die Verdunstung aus; ein mit Pflanzen, namentlich mit dicht stehendem Graswuchse bedeckter Boden zeigt eine mehr als doppelt so starke Verdunstung gegenüber einer Wasserfläche.

*) Die Verdunstung des Seewassers ist halb so stark als die des Süsswassers.

In der folgenden Tabelle sind für Wien diejenigen Daten übersichtlich zusammengestellt, welche nach dem Obigen einen Einfluss auf die Verdunstung ausüben müssen.

Tabelle über die zusammenwirkenden Verdunstungsfactoren.
Wien (hohe Warte).

Monate.	Mittlere Temperatur.	Mittlere Dauer des Sonnenscheines		Relative Feuchtigkeit.	Secundliche mittlere Windgeschwindigkeit.	Niederschläge.	Verdunstung.
		in Stunden.	in Procenten der möglichen Sonnenscheindauer.				
	Grade C.			Procent.	m	mm	mm
December . .	— 0,8	51,4	20	83	2,4	40	18
Januar . . .	— 1,3	86,1	31	84	1,7	35	13
Februar . .	0,4	100,8	35	80	2,6	36	27
März	4,2	141,8	38	71	2,2	43	39
April	10,0	140,3	34	63	2,4	42	71
Mai	15,1	221,4	47	64	2,0	64	87
Juni	18,6	234,7	49	64	2,4	66	93
Juli	20,3	290,1	60	63	2,2	65	113
August . . .	19,6	212,5	48	66	2,1	72	94
September .	16,1	156,9	42	69	2,0	45	77
October . . .	10,5	69,3	21	76	2,0	44	47
November .	3,7	65,9	24	80	3,0	43	32
Mittel und Summe.	9,7	1771,2	37	72	2,2	595	711

c. Das Grundwasser und die Quellen.

Wir haben bereits gesehen, dass das auf den Boden auffallende Wasser zum grösseren Theile wieder verdunstet; ein Theil desselben fliesst oberirdisch ab, bis er in die Bäche und Flüsse sowie schliesslich in das Meer gelangt, wobei der ununterbrochene Verdunstungsprocess immer neue Wassermengen der Atmosphäre zuführt. Der Rest des Wassers sinkt in den Boden ein, sättigt denselben und filtrirt in tiefer gelegene Schichten hinein.

Ehe wir das Eindringen des Wassers in den Boden besprechen, müssen einige Eigenschaften der verschiedenen Bodenarten in ihrem Verhalten zum Wasser dargestellt werden.

Die Wassercapacität des Bodens, d. h. die Fähigkeit desselben, Wasser bis zur Sättigung in sich aufzunehmen, übt einen erheblichen Einfluss auf die Menge des Filtrationswassers aus. Dieselbe ist von den physikalischen Verhältnissen des Bodens abhängig, und richtet sich ihre Grösse nach der Summe der capillaren Hohlräume des betreffenden Bodens. In der Regel bezeichnet man als volle Wassercapacität die Menge des von einer Gewichts- oder Volumeinheit Erde aufgenommenen Wassers

und drückt die in den capillaren Hohlräumen derselben aufzunehmende Wassermasse nach dem Gewichte oder dem Volumen aus. Wenn die Wassercapacität eine Function der capillaren Hohlräume einer Bodenart ist, so folgt hieraus bereits, dass dieselbe sich mit der mechanischen Zusammensetzung des Bodens ändern muss. Die durch verschiedene Versuche von Schübler, Meister, Trommer, Appun, v. Liebenberg u. a. gefundenen Zahlen zeigen einige nicht unerhebliche Abweichungen, hauptsächlich wohl daher rührend, dass die Beschaffenheit und Zusammensetzung der auf ihre volle Wassercapacität geprüften Böden angeblich gleicher Qualität untereinander variirten.

Nachfolgende Tabelle giebt die Wassercapacität verschiedener Bodenarten in Gewichts- und Volumprocenten nach den Untersuchungen v. Liebenberg's.

Tabelle über die Wassercapacität verschiedener Bodenarten.

Bodenarten.	Abschlämmbare Theile.	Wassercapacität.	
	Procent.	Gewichtsprocente.	Volumprocente.
Grober Tertiärsand	—	13,64	24,48
Feiner Tertiärsand	—	31,55	50,95
Diluviallehm	30	25,0	35,27
Granitboden	66	43,0	48,57
Tertiärthon	95	49	58,55
Sandmoorboden	34	60	57,24
Lösslehm	67	36	45,10
Humoser Lösslehm	74	38	46,39

Ferner ergab sich die Wassercapacität (in Gewichtsprocenten):

von Torfboden zwischen 100 und 200
„ Nadelstreu „ 120 „ 134
„ Laubstreu „ 150 „ 220
„ Moosdecken „ 200 „ 900.

Die Zeit, welche das Wasser braucht, um in den Boden bis zu einer bestimmten Tiefe zu versinken, muss ebenfalls in Berücksichtigung gezogen werden, wenn man sich ein vollständiges Bild von der unterirdischen Wasserbewegung verschaffen will. Strenge Thonböden zeigen in dieser Beziehung einen ganz anderen Charakter als Sandböden; oft versinkt in diesen sogenannten undurchlassenden Bodenarten das Wasser in 24 Stunden nur wenige Centimeter, während in lockeren, durchlassenden Sandböden ein förmliches Verschlucken des Wassers stattfindet. Appun ermittelte, dass die Zeit, welche das Wasser bedurfte, um 1 Fuss tief einzusinken,

bei Sandboden 20 Minuten,
bei Moorboden 7 Stunden,
bei Lehmboden 19 Stunden 47 Minuten

betrug.

Die Capillar-Attraction, d. h. die Kraft, mit welcher eine Flüssigkeit in sehr engen Röhrchen (Haarröhrchen) angehoben wird, kommt gleichfalls bei der Bewegung des Wassers im Boden in Betracht. Die feinen Risse und Spalten im Boden bilden derartige capillare Hohlräume und zwar je nach der Beschaffenheit des Bodens in sehr verschiedener Weise. Je mehr Thon und Humus im Boden vorhanden ist, desto höher wird das Wasser durch Capillarität angehoben. Die Feuchtigkeit, welche der Boden hierdurch erhält, nimmt successive, d. h. nach oben hin, ab; bei Sandböden zeigt dieselbe jedoch eine weit stärkere Abnahme als bei Thon- und Humusböden. Lagern verschiedene Bodenschichten über einander unter der Einwirkung des Capillarwassers, so entziehen die feinerdigen Schichten den gröberen das Wasser viel leichter als umgekehrt. Die Schnelligkeit des Aufsaugens ist bei den verschiedenen Bodenarten nicht gleich; in grobem Sandboden wird das Wasser anfangs ziemlich schnell aufgesaugt, jedoch bleibt die Flüssigkeitssäule bald wieder zurück gegen diejenige in feinerdigem Boden. *)

Die Versuche über die capillare Erhebung des Wassers bei verschiedenen Böden haben sehr abweichende Resultate geliefert, was wohl vielfach in der mangelhaften mechanischen Untersuchung der zu den Proben benutzten Bodenarten seinen Grund hat. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass durch die Haarröhrchenkraft das Wasser

in grobem Sandboden	0,25	bis	0,30 m,
„ Lehmboden	0,45	„	0,60 „
„ Thonboden	1,00	„	1,25 „
„ Moorboden			6 „

angehoben wird.

Das Capillarwasser kann niemals direct eine Quelle bilden, da die Wassermenge, welche der Boden durch von unten aufsteigendes Capillarwasser aufzunehmen im Stande ist, stets geringer ist als die Wassercapacität des nämlichen Bodens. Dagegen unterliegt es in erheblichem Masse der Verdunstung, wenn es nahe an die Oberfläche tritt. Namentlich auf bewachsenem Boden findet die Verdunstung des durch Capillarität emporgestiegenen Grundwassers in beträchtlichem Masse statt. Die Pflanzen saugen das im Bereiche ihrer Wurzeln befindliche Wasser auf und befördern es durch Wurzeldruck bis zu denjenigen Pflanzentheilen, in welchen es durch die Spaltöffnungen in Dampfform entweichen kann.

---

*) Werthvolle Untersuchungen über die Capillar-Attraction des Wassers in verschiedenen Böden finden sich in der Inaugural-Dissertation des Herrn Dr. Ritter von Liebenberg: „Ueber das Verhalten des Wassers im Boden.“ Halle 1873.

Grundwasser. Das in den Boden einsinkende Tagwasser gelangt auf unterhalb lagernde Schichten, welche dasselbe leicht oder schwer durchlassen. Besteht eine Schicht aus lockerem Boden, wie Sand, Kies oder Schotter, so bildet derselbe eine wasserleitende Schicht; besteht die Schicht dagegen vorwiegend aus Thontheilchen, so ist sie für das Wasser mehr oder minder undurchlassend. Oft wechseln wasserleitende und undurchlassende Schichten mit einander. Auch der Felsboden zeigt diese beiden Verschiedenheiten, je nachdem er Spalten und Schichtungsklüfte besitzt, welche nach abwärts geneigt oder annähernd horizontal sind.

Das eindringende Wasser dient zunächst zur Durchfeuchtung der oberen Schichten und gelangt erst in tiefere Schichten, nachdem es die oberen nach Massgabe ihrer Wassercapacität vollständig durchfeuchtet hat.

Ausser der Beschaffenheit des Bodens übt auch die Form und der Zustand der Oberfläche einen erheblichen Einfluss auf die Menge des in den Boden eindringenden Wassers aus. Von steilen, kahlen Hängen fliesst das Wasser schnell oberflächlich ab, so dass nur ein geringer Theil in den Boden einsinken kann. Dagegen bewirken alle Umstände, welche das oberflächliche Abfliessen verzögern, wie z. B. die Bewaldung oder Berasung, ferner eine horizontale Lage, die Vermehrung des in den Boden einsinkenden Wassers. Es ist eine bekannte Erfahrung, dass mit dem Verschwinden des Waldes der Quellenreichthum eines Gebietes erheblich zurückgeht, namentlich in Gebirgsländern.

Das in durchlassenden Schichten oder in Spalten des Bodens befindliche, von oben eingedrungene Wasser heisst Grundwasser. Dasselbe kann entweder in Bewegung oder in Ruhe sein. Das Grundwasser gelangt schliesslich auf eine undurchlassende Thon- oder Felsschicht und folgt in seiner weiteren Bewegung dem Gesetze der Schwere und der Capillarität. Erstere veranlasst eine Weiterführung, entsprechend der Neigung der undurchlassenden Schicht und somit ein Herabfliessen des unterirdischen Wassers nach tiefer gelegenen Punkten. Ist die undurchlassende Schicht dagegen horizontal oder kesselförmig gestaltet, so staut sich, da ein Abfliessen nicht stattfinden kann, das Wasser an; durch vermehrte Zuflüsse steigt das Niveau desselben und wird hierdurch oft eine Versumpfung des darüber befindlichen Bodens veranlasst. Solches Grundwasser, welches in Folge der eigenthümlichen Gestaltung der undurchlassenden Schicht keinen Abfluss erhält, nennt man Stauwasser. Entfernt wird dasselbe entweder durch künstliche Entwässerung oder allmählig, wenn sein Niveau nahezu die Oberfläche erreicht hat, durch Verdunstung. Wesentlich befördert wird diese letztere durch die Capillar-Attraction.

Das auf einer unterirdischen Hangfläche weiter geführte Grundwasser bildet eine unterirdische Wasserleitung, deren Mächtigkeit mit den Zuflüssen und den Lagerungsverhältnissen der wasserleitenden und undurchlassenden Schichten wechselt. Die Richtung entspricht in den meisten Fällen dem Hange der letzteren Schicht; das Niveau des Grundwassers

wird demnach ebenso wie dasjenige eines oberirdischen Wasserlaufes eine geneigte Fläche darstellen und, wenn es sich in einem Kessel ansammelt, ähnlich wie in einer oberirdischen Mulde oder einem See ein horizontales Niveau bilden. Abweichungen hiervon sind wiederholt beobachtet worden und rühren daher, dass der mehr oder weniger poröse Boden dem Laufe des Wassers wechselnde Hindernisse entgegenstellt. Zuweilen bildet das Niveau des Grundwassers Wellenlinien, parallel der Oberfläche, namentlich wenn die undurchlassende Untergrundschicht parallel dieser letzteren gelagert ist.

Das Niveau des Grundwassers steigt mit den Zuflüssen und sinkt, sobald sich diese verringern oder gänzlich versiegen; in trockenen Sommern, namentlich bei wirksamer künstlicher Entwässerung, findet oft ein vollständiges Versiegen der unterirdischen Wasserläufe statt.

Das Ansteigen des Grundwassers kann sehr vortheilhaft wirken, indem es den Pflanzenwurzeln in trockenen Jahreszeiten die nöthige Feuchtigkeit zuführt; namentlich ist dies der Fall bei trockenem Sandboden und in warmen Klimaten. Dagegen wirkt es auch häufig erkältend auf die Pflanzen, wenn es sich unter schwer durchlassendem Boden bewegt und das Klima ein feuchtes und kaltes ist. In diesem Falle erleiden oft die Culturpflanzen erheblichen Nachtheil durch das Ansteigen des Grundwassers und kann alsdann nur durch künstliche, rechtzeitige Entfernung desselben ein Schaden verhütet werden. Am schädlichsten sind die Wirkungen desjenigen Grundwassers, welches durch eisenreiche Schichten seinen Lauf genommen, Niederschläge von Eisenverbindungen, z. B. Eisenoxydul und hieraus erfolgende Bildungen, wie Raseneisenstein, Ortstein u. s. w., veranlasst und diese im Bereiche des Pflanzenwachsthumes deponirt. Eine Verhütung dieser Bildungen lässt sich in diesem Falle häufig durch die Drainage erzielen, indem das von oben nach unten zu den Drainröhren ziehende Tagewasser diese Stoffe wieder auflöst und in unschädliche Tiefen versenkt.

Die durchlassenden Bodenschichten besitzen stets eine bestimmte Capacität der Wasserführung, welche abhängig ist von der Beschaffenheit des Materials und bei zerklüftetem Gestein, grobem Kies und Schotter das Maximum erreicht, ferner von der Mächtigkeit der Schicht, der Stärke des Gefälles und schliesslich von dem hydrostatischen Drucke. Die nämlichen Factoren, welche die Leitungsfähigkeit eines Grabens beeinflussen, vermindern oder erhöhen dieselbe in einer wasserführenden Schicht. Die Reibungswiderstände sind jedoch in letzterer so überwiegende, dass die Geschwindigkeit des Wassers und somit dessen Menge eine erhebliche Reduction erleidet.

Sobald sich der Zufluss des Wassers zu der leitenden Schicht vermindert oder sobald derselbe gänzlich aufhört, wird aus der wasserleitenden eine absorbirende Schicht, d. h. die Capacität des Abflusses ist grösser als die zugeführte Wassermenge. In diesem Falle entzieht die Schicht den umliegenden wasserhaltenden Schichten die Feuchtigkeit; sie

bildet jetzt eine unterirdische Vorfluth für höher gelegenes, versumpftes Terrain. Man hat diese Eigenschaft vielfach mit gutem Erfolge benutzt, um das Wasser der oberhalb gelegenen Flächen in derartige absorbirende Schichten zu versenken, indem man Bohrlöcher oder Brunnen bis in dieselben erstellte, mit einem durchlassenden Material, als Steinen oder Schotter, ausfüllte und so eine Beseitigung der oberen, namentlich durch Stauwasser herbeigeführten Versumpfung erzielte. Bedingung für die Möglichkeit der Entwässerung durch Versenkung des Wassers ist, dass dasselbe ohne Verschlammung der Abzugswege in die durchlassende Schicht gelange und dass letztere ein nicht zu geringes Gefälle besitze.

Das Grundwasser kann auch dadurch entstehen, dass bei durchlassendem Boden das Wasser aus Seen, Flüssen, Bächen oder Canälen seitlich austritt. Namentlich in ebenen Flussthälern mit starken Kiesablagerungen findet sich häufig derartiges Wasser in dem Boden, welches Seihwasser oder Horizontalwasser genannt wird. Die Nützlichkeit oder Schädlichkeit desselben hängt ebenso wie die des direct durch atmosphärische Niederschläge in den Boden gelangten Grundwassers von mannigfaltigen Factoren ab. Zuweilen, namentlich bei trockenem Klima, wirkt es günstig, indem es, durch Capillarattraction in die Nähe der Boden-Oberfläche gehoben, den Pflanzen die fehlende Feuchtigkeit zuführt; oft wirkt es aber auch schädlich, indem es den Boden versumpft und auskältet und demnach eine künstliche Entwässerung verlangt. Das Horizontalwasser steigt und fällt mit dem Niveau des Wasserlaufes, aus welchem es herrührt; die Schwankungen des Wasserstandes zeigen sich zunächst in den dem letzteren nahe liegenden Schichten und pflanzen sich erst in der Folge, je nach der Neigung des Terrains bezw. der wasserleitenden Schichten desselben und dem Grade ihrer Durchlässigkeit, auf weitere Entfernungen fort. In diesen tritt auch beim Sinken des Wasserstandes im Flusse etc. eine Grundwassersenkung am spätesten ein.

Quellen. Eine Quelle entsteht, wenn Grundwasser zu Tage tritt. Der Austritt des Grundwassers aus dem Boden kann in der verschiedensten Weise erfolgen:

1) Wenn Grundwasser im Boden stagnirt oder in nur langsamer Bewegung befindlich ist, so kann es durch fortgesetztes Ansteigen an die Oberfläche treten, sobald es die Bedeckung der wasserleitenden Schicht durchbricht oder sobald diese bezw. ihre Bedeckung derartige Vertiefungen besitzt, dass in denselben der Spiegel des Grundwassers frei wird. In letzterem Falle entstehen Tümpel, bei grösserer Ausdehnung der Mulde sogar Seen, deren Wasserstand von dem Stande des Grundwassers abhängt. In trockenen Jahren können dieselben vollständig verschwinden. Hat die Mulde einen seitlichen Abfluss, so bildet sich in der Regel ein Bach.

Zu dieser Gattung von Quellen gehören auch die Spaltenquellen, welche sich von den eben beschriebenen dadurch unterscheiden, dass das Wasser in klüftigem Gestein auftritt, unter welchem sich eine undurchlassende Schicht mit muldenförmiger Einwölbung befindet. Reichen

einzelne Spalten von der Oberfläche tief hinab, so tritt beim Steigen des Grundwassers dasselbe dort als Quelle auf. Auch kann das Wasser seitlich aus dem Boden austreten, sobald das Grundwasser entsprechend angestiegen ist. Derartige Quellen heissen Ueberfallsquellen.

2) Ist das Grundwasser in Folge der Neigung der undurchlassenden Schicht in Bewegung, so kann es am Fusse des Abhanges, wo die wasserleitende und die darunter befindliche undurchlassende Schicht an die Oberfläche gelangen, zu Tage treten. In dieser Weise, z. B. wenn ein Gebirge aus geneigten Schichten von abwechselnd durchlassendem und undurchlassendem Gestein gebildet wird, entstehen die Schichtenquellen. Je nachdem die wasserleitende Schicht stetig bis zum Austritte zu Tage fällt oder schliesslich in einer Biegung ansteigt, unterscheidet man absteigende und aufsteigende Quellen. Bei ersteren fliesst das Wasser von höheren Punkten einfach nach abwärts und tritt als Sickerwasser längs des Ausgehenden der Schichten zu Tage; bei letzteren steigt es durch hydrostatischen Druck oder durch den Druck von Gasen in die Höhe.

Absteigende Quellen sind in der Regel kalt, da das Wasser aus höher gelegenen Gebieten an die Austrittsstelle gelangt; aufsteigende Quellen gelangen aus tieferen Schichten zu Tage und sind demnach gemeinhin wärmer als der Ort des Austrittes.

3) Sobald sich das im Innern von Gebirgen befindliche Wasser in grösseren Hohlräumen ansammelt und von hier aus durch Spalten zu Tage tritt, so bezeichnet man die entstehenden Quellen als Höhlenquellen.

Je nach der Lage der Austrittsspalte und der Reichhaltigkeit der Zuflüsse ist die Speisung derselben eine periodische oder eine permanente. Zuweilen ist der Austritt heberförmig gestaltet, in welchem Falle der Ausfluss bei einem Sinken des Wasserspiegels in der Höhle bis zu einer bestimmten Grenze plötzlich sistirt wird, während nach dem Steigen des Wassers der Ausfluss wiederum beginnt. Man unterscheidet danach permanente und periodische Quellen. Letztere Eintheilung gilt übrigens nicht nur für Höhlenquellen, sondern ganz allgemein für alle Gattungen von Quellen.

Es sind mit diesen Eintheilungen die verschiedenen Arten des Zutagetretens von Grundwasser keineswegs erschöpft. Man unterscheidet des Weiteren die Quellen nach der Beschaffenheit des Bodens, in welchem sie sich bilden (Sandboden, Lehmboden), ferner nach der Temperatur (warme Quellen oder Thermen, kalte Quellen), nach der Art des Entstehens (z. B. als vulkanische Quellen mit continuirlichem oder intermittirendem Auftreten), ferner nach der Zusammensetzung des Wassers (Schwefelquellen, Säuerlinge, Sohlquellen, Mineralquellen). Quellwasser mit erheblicher Menge von Gyps und kohlensaurem Kalk nennt man hartes Wasser, solches, welches arm an Salzen ist, weiches Wasser. Hartes Quellwasser ist für Bewässerungszwecke wenig geeignet.

Die Wassermenge der Quellen hängt von der Grösse ihres Sammelgebietes und den auf diesem auffallenden Niederschlägen ab.

Mit dem Zunehmen der letzteren verstärkt sich auch die Wassermenge; jedoch bewirkt der oft sehr weite Weg, welchen das Grundwasser von dem Sammelgebiete bis zu der Quelle zu nehmen hat, eine Regulirung in der Weise, dass nach plötzlichen Niederschlägen wohl eine Verstärkung der Quellen, aber auf einen längeren Zeitraum vertheilt, stattfindet. Starke Niederschläge im Sommer, welche nur kurze Zeit andauern, befördern weit weniger eine Vermehrung des Wasserreichthumes der Quellen als langanhaltende Niederschläge in der kühleren Jahreszeit oder das Schmelzen des Schnees im Frühjahre. Erstere werden von dem Orte des Niederschlages zum grössten Theile durch oberflächliches Abfliessen und durch Verdunstung entfernt, so dass nur ein verhältnissmässig geringer Theil des Niederschlages in den Boden einsinkt, während dieses bei langandauerndem Regen und namentlich, wenn die Verdunstung nur gering ist, weit stärker der Fall ist.

Nur in dem Falle, dass die Quelle sich in grosser Nähe zu dem Niederschlagsgebiete des Grundwassers befindet, tritt mit jedem stärkeren Regen auch eine Vermehrung des Wasserreichthumes der Quelle und bei anhaltender Dürre oft ein gänzliches Versiegen derselben ein.

d. Die Bildung des Triebsandes.

Unter Triebsand versteht man eine Sandmasse, welche durch Anwesenheit von Wasser eine sehr hohe Beweglichkeit erhalten hat. Derselbe besteht in seiner vollständigen Ausbildung aus einem Gemische von Sand und Wasser, welches wie eine Flüssigkeit den hydrostatischen Gesetzen folgt.

Die Entstehung des Triebsandes kann in verschiedener Weise erfolgen. Wenn Wasser lockeren Sand in der Richtung von oben nach unten durchströmt, so wird durch den Druck des Wassers der Sand zusammengedrückt, so dass er nicht den Charakter des Triebsandes erhält. Erfolgt dagegen die Durchströmung von unten nach oben, so findet in Folge des Wasserdruckes auf die einzelnen Sandtheilchen ein Anheben derselben, mithin eine Lockerung der ganzen Masse statt. Hagen *) weist auf einen Versuch hin, mittelst welches sich diese Thatsache practisch demonstriren lässt. Man stellt eine Röhre in ein Glas und füllt letzteres rings um die Röhre mit feuchtem Sande so fest, dass man einen Draht nur mit Mühe hineinstossen kann. Giesst man darauf in die über den Sand hervortretende Röhre Wasser, so dass dieses von unten nach oben den Sand durchdringen muss, um sich ins Gleichgewicht zu setzen und lässt man dasselbe mit dem Drucke von einigen Centimetern auf den Sand wirken, so verschwindet sehr schnell die frühere Festigkeit und der Draht, welchen man zuvor nur mit Mühe hineinbringen konnte, sinkt von selbst zu Boden.

Wenn dagegen das Wasser von oben auf den stark comprimirten Sand gegeben wird, so findet bei ruhigem Stehen keine Lockerung statt.

*) Handbuch der Wasserbaukunst, Theil I, Band I; Seite 49.

Nur in Folge des Verdrängens der Luft aus den noch vorhandenen Zwischenräumen der Sandtheilchen ist eine weitere geringe Compression möglich. Erst wenn eine Bewegung erzeugt wird, z. B. durch Umrühren, so dringt das Wasser und gleichzeitig die Luft zwischen die Sandtheile und es entsteht jene lockere Masse, welche wir als Triebsand bezeichnen.

Hagen führt noch eine weitere Veranlassung zur Bildung des Triebsandes an. Die feste Ablagerung des trockenen Sandes beruht theils auf der hinreichend sicheren, gegenseitigen Unterstützung, theils auf der Reibung der einzelnen Körnchen. Bei einer geringen Benetzung tritt die Wirkung der Capillar-Attraction noch hinzu, welche den gegenseitigen Druck und sonach die Reibung vermehrt. Wird aber das Wasser so reichlich zugesetzt, dass die Capillar-Attraction aufhört, wie dies geschieht, wenn man trockenen Sand in ein mit Wasser gefülltes Gefäss schüttet, wobei augenscheinlich ein Körnchen nicht mehr an dem anderen haftet, so ist die Reibung geringer, als sie bei der trockenen Schüttung war, indem das Wasser wie ein Schmiermaterial wirkt.

Trifft man in Baugruben auf Triebsand, welcher an den Seitenwänden hervorquillt und die Erstellung und Erhaltung des Grundbaus in der festgesetzten Tiefe oft aufs Erheblichste erschwert, so wird man häufig durch Auspumpen des Wassers die Sachlage noch beträchtlich verschlimmern. Man treibt hierdurch das Grundwasser von unten auf durch den bereits halbflüssigen Sand in die Höhe, wodurch die Lagerung der einzelnen Sandtheilchen eine noch lockerere wird als vorher. Auf diese Weise wird oft der Baugrund immer schlechter und selbst bei fortgesetztem Auspumpen zeigt sich kein günstiges Resultat.

Fassen wir die hauptsächlichsten Ursachen für die Bildung des so gefährlichen Triebsandes zusammen, so ergiebt sich

1) dass derselbe entsteht bezw. an Beweglichkeit zunimmt, wenn Grundwasser in einer Sandschicht von unten nach oben gedrückt wird und

2) dass das Nämliche eintritt, wenn nasser lockerer Sand unter weiterem reichlichem Wasserzuflusse erschüttert, also gerührt oder in ähnlicher Weise bewegt wird.

e. Die Bildung der Moore.

Unter Moor versteht man diejenige Mittelstufe zwischen Land und Wasser, welche, aus Pflanzenmassen aufgebaut, das jüngste Kohlengebilde, den Torf, einschliesst.

Die Entstehung des Torfes beruht auf einem Uebergange der organischen zur unorganischen Natur, wobei vegetatives Leben und Absterben zugleich auftreten. Während dieselben Pflanzen an der Oberfläche sich erneuern, erzeugen die vorangegangenen Generationen vermöge eines eigenthümlichen Verwesungsprocesses, der Vertorfung, die Torfsubstanz.

Die Verbreitung der Torfmoore auf der Erde ist eine sehr unregelmässige; man findet sie an den niedrigen Küsten der Meere und Seen, an den Ufern der Flüsse und Ströme, auf dem Grunde der Thäler und Ebenen, auf den Abhängen und Gipfeln der Gebirge, überall wo sich ein undurchlassender Untergrund befindet oder eine Stauung des Wassers eintritt. In nördlicheren Gegenden, z. B. in Schweden und Grossbritannien, nimmt die Ausdehnung der Moore zu. In den Aequinoctialgegenden fehlt dagegen der Torf gänzlich, weil die daselbst herrschende hohe Temperatur eine vollkommene Verwesung der zur Torfbildung geeigneten Pflanzen bewirkt. Zur Hervorbringung ausgedehnter Moore sind am meisten geeignet die Gegenden von bedeutender horizontaler Erstreckung, welche die Ansammlung nicht zu tiefer, stagnirender Wasser zulassen. Daher ist Irland ganz besonders reich an Torfmooren, desgleichen sind es die grossen flachen Küstenländer Hollands und des nördlichen Deutschlands bis nach Russland hin. An den Küsten der Nordsee in Holland, in Ostfriesland, im Bremischen und in Holstein sind die Moorgebiete in ganz ebenen und wenig über dem Meeresboden erhabenen Gegenden sehr ausgedehnt und ebenso in Pommern, Ostpreussen, Kurland, Livland und Esthland. In anderen Ländern kommen sie jedoch auch im höheren Niveau an den Rändern von Seen vor, wo durch Versandung von Thälern der Abfluss des Wassers aufgehalten wird und stehende Wasser gebildet werden. Der Harz, das Fichtelgebirge, die Ardennen, der Böhmerwald, die Vogesen, Bayern und die Schweiz sind reich an Torfmooren. Die Flachmoore nehmen das niedere Vorland der Ströme ein, wogegen die Hochmoore zumeist Binnengebilde sind und alsdann einen bedeutenden Umfang erreichen.

Man kann die Moore allgemein eintheilen in Hochmoore und Flachmoore. Für die Entstehung der einen oder anderen Kategorie entscheidet die chemische Beschaffenheit des Substrates bezw. des Wassers.

Die Bildungsweise der Hochmoore ist folgende: Auf silicatischer Unterlage oder gespeist mit weichem Wasser siedeln sich Gewächse, zumeist Moose der Gattung *Sphagnum* an, welche kalkarme, aber kieselsäure-reiche Nahrung lieben. Man kann daher die Hochmoore auch Moos- oder Kieselmoore nennen. Das Wachsthum eines Hochmoores ist centrifugal. Von einem oder mehreren Mittelpunkten zugleich geht die Ausbreitung der Moosdecke nach der Peripherie vor sich. In der Mitte zeigt das Hochmoor eine Aufwölbung. Die convexe Form verdanken die Hochmoore der Massenvegetation von Sphagnen mit ihrem eigenthümlichen anatomischen Bau, welcher sie zu einer ausserordentlichen hydraulischen Leistung befähigt.

Zur ersten Ansiedlung der *Sphagnum*-Colonie und Fortentwicklung der Mooranfänge ist gerade kein stagnirendes Wasser erforderlich; feuchtes Klima mit reichlichen Niederschlägen reicht hierfür aus. Aus diesem Grunde nennt man die Hochmoore auch Himmelmoore und insofern

supraaquatische Moore, als die Vermehrung der Torfsubstanz hauptsächlich durch Anhäufung oberirdischer Organe erfolgt.

Die Hochmoore liefern einen guten, weil aschenarmen Brennstoff; allein die Zusammensetzung der Asche befriedigt nur auf kurze Zeit das Nahrungsbedürfniss anspruchsloser Culturgewächse.

Die Flachmoore, auch Grünlands- oder Wiesenmoore genannt, weil sie üppig grünenden Flächen gleichen, findet man in der Nähe der Ströme, Flüsse und Seen, ferner an der Meeresküste. Boden und Wasser sind kalkhaltig. Die mannigfaltige Vegetation derselben wird vorzugsweise von Glumaceen zusammengesetzt. Die Bildung der Flachmoore hat eine centripetale Tendenz. Die Vermehrung der Torfsubstanz erfolgt zumeist durch Wucherung der unterirdischen Pflanzenorgane. Das Moor selbst breitet sich in einer vollständigen Ebene aus. In Folge dieser Eigenschaften nennt man die Flachmoore auch Kalkmoore, Grasmoore oder infraaquatische Moore.

Für technische Zwecke nimmt der Torf der Flachmoore wegen des grösseren Aschengehaltes und der lockeren Textur der Torfsubstanz einen untergeordneten Rang ein; der Bestand der Asche zeigt jedoch eine für Culturzwecke günstige Zusammensetzung.

In Folge ihrer Situation erschweren die Flachmoore in vielen Fällen eine ausreichende Entwässerung, während diese sich bei den Hochmooren gemeinhin gut bewerkstelligen lässt.

Der Charakter eines Flachmoores oder Hochmoores ist nicht immer rein ausgeprägt. Man findet vielfach Uebergänge und Mittelglieder zwischen denselben.

In manchen Fällen ruht ein entschiedenes Hochmoor auf einem Flachmoore auf, wie auch zuweilen ein ausgebildetes Flachmoor zuletzt in ein Hochmoor übergeht. Das Flachmoor spielt alsdann gewissermassen die Rolle einer silicatischen Unterlage. Niemals kann sich aber über einem Hochmoore ein Flachmoor aufbauen, es wäre denn, dass vorher zufolge irgend eines Eingriffes das Hochmoor sich mit einem kalkhaltigen Zwischenmittel bedeckt hätte.

Im nordwestlichen Deutschland, namentlich gegen die Küsten hin, findet man als Unterlage der Hochmoore eine mehr oder weniger starke Flachmoorbildung, welche grösstentheils aus Resten von *Phragmites communis* besteht und unmittelbar das Sohlband, d. h. das humos-mineralische Substrat des Moores, überdeckt. Man bezeichnet diesen Torf mit dem Namen Darg. Derartige Dargmoore kommen aber auch selbstständig, mit Ablagerungen bedeckt oder mit solchen wechsellagernd, vor und liegen mehr oder weniger tief unter dem Meeresspiegel. Die Dargschichten des Continentes standen in früherer Zeit offenbar im Zusammenhange mit jenen der Nordseeinseln, an welchen dieselben durch Wellenschlag blosgelegt oder an den Strand gespült wurden. Aus diesem Grunde bezeichnete man in der älteren Literatur ein derartiges Vorkommen als submarine Moore; dieselben sind jedoch entschieden Landbildungen

und tauchten erst in der Folge durch dynamische Vorgänge im Küstenmeere unter.

Unter Bruch versteht man ein mit Bäumen und Sträuchen bewachsenes, seichtes Moor, welches sowohl Hoch- als auch Flachmoor sein kann. Die mit Holz bestandenen Brüche bilden den Uebergang von Moor zu Wald. Die Unterscheidungsmerkmale für einen Bruch sind nicht sehr scharf, wie überhaupt die Nomenclatur der Moore in den verschiedenen Ländern eigenartige Auffassungen zeigt.

In manchen Gegenden, wie im südlichen Böhmen, sind die Hochmoore mit Nadelwald bedeckt und heissen desshalb auch Waldmoore. Die alpinen Hochmoore sind wieder häufig von Beständen der Zwergkiefer überkleidet.

Die Vegetation, aus welcher ein Hochmoor hervorgeht, ist, wenigstens in den ersten Stadien, ausserordentlich einförmig; sie besteht fast ausschliesslich aus einer Massenwucherung von *Sphagnum*-Arten. Im weiteren Verlaufe des Aufbaues finden sich auch andere Sumpfgewächse ein. Der Abschluss eines Hochmoores giebt sich in der Regel durch geschlossenes Auftreten von *Calluna vulgaris* kund, zuweilen auch von *Erica tetralix*. Dieselben zeigen alsdann das Bestreben, sich hügelförmig abzusondern, wodurch sie sich der übermässigen Nässe des Bodens zu entziehen suchen. Solche höckerige Aufragungen im Moore, die Bulten, bilden auch die Wollgrasrasen, *Eriophorum vaginatum*. Charakteristisch für die Flora der Hochmoore sind unter Anderem noch folgende Pflanzen: *Oxycoccus palustris*, *Andromeda polyfolia*, *Vaccinium uliginosum*, *Ledum palustre*, *Molinia coerulea*.

Die Hochmoore können unter Umständen eine Mächtigkeit bis 15 m erreichen. Offenbar giebt es eine Wachsthumsgrenze, welche jedoch für jedes Moor verschieden und durch Terrainverhältnisse bedingt ist. Durch Entwässerung wird dem Moore der Lebensnerv zerschnitten. Die vorher aufgequollene Masse erfährt hierauf eine nicht unbeträchtliche Volumverminderung.

Die Flachmoore besitzen einen bereits äusserlich abweichenden Charakter. Die Vegetation besteht hauptsächlich aus Gewächsen, welche sogenanntes saures oder Pferdeheu liefern. Den Grundstock der Flora bilden die Hydrophyten, d. h. Pflanzen, welche stagnirendes oder doch träge fliessendes Wasser lieben. In der Regel treten einzelne Species zu kleineren oder grösseren Colonien zusammen. Es ist diese Geselligkeit für Flachmoore charakteristisch. Oft besteht die Vegetationsdecke fast ausschliesslich aus Röhricht von *Phragmites communis*, wie überhaupt Pflanzen mit starker Wurzelwucherung den Ausschlag für den Torfansatz geben.

Eigenthümlich für die Flachmoore sind vorzugsweise folgende Familien: Cyperaceen, Juncaceen, Gramineen, Nymphäaceen, Umbelliferen; ferner die Gattungen *Potamogeton*, *Calla*, *Acorus*, *Typha*, *Sparganium*, *Alisma*, *Butomus*, *Iris*, *Menyanthes* und viele andere Wasserpflanzen. Analog den Wollgrasbulten der Hochmoore zeigt in den Flachmooren

ein Riedgras, *Carex stricta*, ein besonders auffallendes, stockförmiges Wachsthum. Der Torf der Flachmoore, welche stellenweise die bedeutende Mächtigkeit von 10 m und darüber erreichen können und namentlich in Ungarn ausgedehnte Strecken einnehmen, ist je nach dem Pflanzenbestande sehr verschieden, in technischer Hinsicht wohl am geringwerthigsten im Schilftorfe. Die Zusammensetzung des Torfes der Hoch- und Flachmoore ist schematisch die folgende:

Torfanalysen.

	Hochmoore.	Flachmoore.
Specifisches Gewicht	0,55	0,86
Organische Substanz	96,5	72,5
Asche	3,5	27,5
	100,0	100,0

Bestand der Asche.

	Hochmoore.	Flachmoore.
Kalkerde	3,2	45,3
Andere Stoffe	96,8	54,7
	100,0	100,0

Der Moorboden zeichnet sich durch einen relativ hohen Stickstoffgehalt aus, welcher bis 5 Procent nachgewiesen wurde. Der Stickstoff ist jedoch in schwer assimilirbarer Form zugegen. Der Aschengehalt unterliegt grossen Schwankungen. Im Allgemeinen kann hingestellt werden, dass zur Gewinnung einer bestimmten Menge Asche von Hochmoor ein mehrfach grösseres Quantum genommen werden muss als Flachmoor beim Verbrennen liefert und dass ferner in einer gleich grossen Menge Torfasche von Hoch- und Flachmoor letztere erheblich kalkreicher ist als erstere, wie dies auch aus den gegebenen Zahlen hervorgeht. Der Vorrath an Kali und Phosphorsäure ist jedoch stets so ungenügend, dass ohne Zufuhr dieser Nährstoffe durch Düngematerialien eine befriedigende Production nicht erzielt werden kann.

Der Moorboden besitzt eine bedeutende Wassercapacität; nach Seite 14 können 100 Gewichtstheile desselben bis 200 Gewichtstheile Wasser aufnehmen. Diese Eigenschaft ist die Ursache, dass der Moorboden zumeist an überschüssiger Nässe leidet und dass bei der Verdunstung demselben viel Wärme entzogen wird. Er ist desshalb kalt; es stellen sich ferner häufige Fröste ein, welche den Culturpflanzen oft den erheblichsten Schaden zufügen. Zu diesem gesellen sich noch die Nachtheile der grossen Volumänderung des Moorbodens und der staubartige Zustand nach Frost und Sonnenhitze, welche zu Verwehungen und Blosslegungen der Pflanzenwurzeln Veranlassung geben. In Folge seiner dunklen Farbe nimmt der Moorboden die Wärme in grosser Menge auf; in der Nacht findet jedoch bei hellem unbewölktem Himmel eine ebenso starke Wärmeausstrahlung statt. Auch hierdurch entstehen sehr leicht Fröste, welche eine weit beträchtlichere Temperaturdifferenz gegenüber der Tageswärme er-

geben, als dies sonst durchschnittlich vorkommt. Da viele Culturpflanzen diese rapiden Schwankungen der Temperatur nicht vertragen können, so erfrieren sie leicht und sind auch aus diesem Grunde die Erträge der Moorböden bei primitiver Nutzung höchst unsicher. Bei der sog. Brandcultur ist z. B. der Boden für Buchweizen in wenigen Jahren erschöpft und wird derselbe hierauf ein Menschenalter hindurch der Ruhe überlassen.

Dass trotzdem viele Moorböden durch angemessene Cultivirung und Behandlung, namentlich durch die Veen- und Dammcultur, in sichere und hohe Erträge liefernde Böden umgewandelt werden können, ist allgemein bekannt, die bezüglichen Methoden sollen in dem III. Abschnitte dargestellt werden.

B.

DIE WASSERLÄUFE.

a. Die natürlichen Wasserläufe.

Die natürlichen Wasserläufe bezeichnet man je nach ihrer Wassermenge, Länge und Breite als Rinnen, Bäche, Flüsse und Ströme. Unter Rinnen versteht man natürliche Wasserläufe kleinster Abmessungen ohne festes Bett, während man als Bäche diejenigen Wasserläufe bezeichnet, deren mittlere Wassermenge eine verhältnissmässig geringe ist und im Maximum etwa 0,5 cbm pro Secunde beträgt. Flüsse und Ströme nennt man natürliche Wasserläufe mit grösseren Wassermengen.

In steil abfallenden Hängen entstehende Rinnen, welche nur nach starkem Regen sowie beim Schmelzen des Schnees Wasser führen, nennt man Wildbäche; Flüsse oder Flussstrecken mit starkem Gefälle, über 2 pro Mille, heissen Gebirgsflüsse. In diese mündet in der Regel eine grössere Anzahl von Wildbächen ein, während letztere zumeist isolirt sind. Charakteristisch für Wildbäche und Gebirgsflüsse ist vornehmlich die kräftige Einwirkung des mit hoher Geschwindigkeit strömenden Wassers auf ihr Bett.

Bei grösseren Wasserläufen unterscheidet man den Oberlauf, den Mittellauf und den Unterlauf. Unter Oberlauf versteht man den ersten Theil des Flusslaufes im Quellgebiete, also zumeist mit starkem Gefälle; daran schliesst sich der Mittellauf und folgt endlich, mit in der Regel sehr schwachem Gefälle, gegen die Mündung hin der Unterlauf. Diese Eintheilung ist jedoch nur für Flüsse und Ströme berechtigt, welche in Gebirgsländern entspringen, alsdann durch Hügelland und weite ebene Gebiete dem Meere zufliessen. Entsprechend dem verschiedenen Gefälle in den einzelnen Strecken findet in dem Oberlaufe vorwiegend eine Abfuhr des Gebirgsdetritus statt, im Unterlaufe in Folge des geringen Gefälles und der geringen Geschwindigkeit des Wassers vorwiegend eine Auflandung durch die von obenher geführten Sinkstoffe. Im Mittellaufe wechseln je nach der Stosskraft des Wassers Abfuhr des Detritus mit Ablagerung desselben.

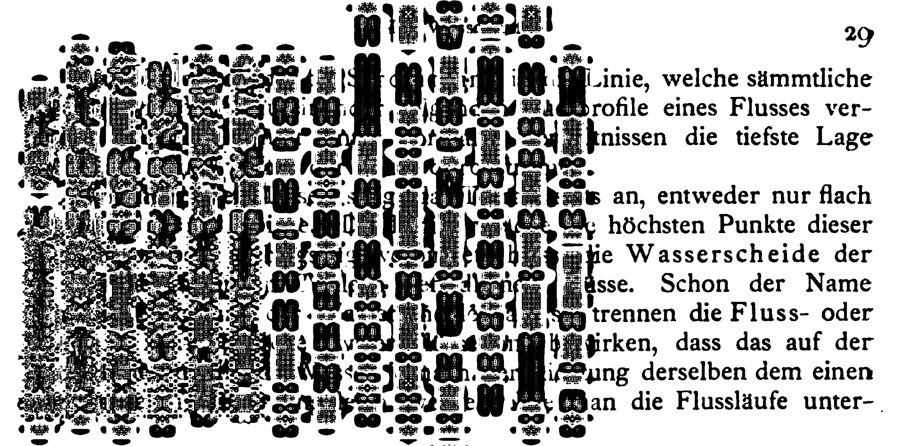
Der Wasserspiegel einer Flussstrecke ist eine geneigte Ebene, deren Neigung gegen den Horizont das Gefälle heisst. Dasselbe ist auf den einzelnen Flussstrecken häufig ein sehr verschiedenes, je nach der Figuration der Erdoberfläche an der Stelle des Flusslaufes und der Wassermenge desselben.

Drückt man das Gefälle durch einen echten Bruch aus, dessen Zähler die Höhendifferenz des Wasserspiegels einer bestimmten Strecke, welche letztere den Nenner bezeichnet, oder mit anderen Worten durch die Tangente des Neigungswinkels, so heisst dieser Ausdruck das relative Gefälle; die Höhendifferenz des Wasserspiegels selbst zwischen zwei Punkten in der Längenrichtung heisst das absolute Gefälle auf die bestimmte Strecke.

Die einzelnen Wasserfäden eines Flussgerinnes bewegen sich in regelmässigen Betten, d. h. in solchen, deren Querprofile symmetrische Figuren bilden, oder in künstlichen Canälen annähernd parallel zu einander, während bei unregelmässigen Profilen, gekrümmten Wasserläufen und sobald sich der Bewegung durch Einbaue, z. B. Brückenpfeiler, Wehre, Buhnen u. s. w., Hindernisse entgegenstellen, die einzelnen Wasserfäden oft eine erheblich von einander divergirende Richtung annehmen.

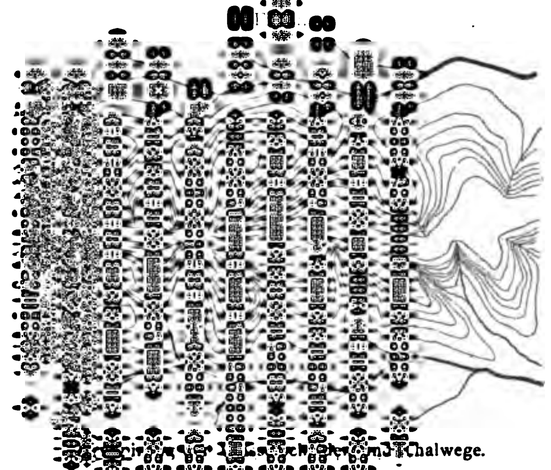
Der Weg, welchen ein Wassertheilchen in der Zeiteinheit zurücklegt, heisst die Geschwindigkeit desselben. Man drückt dieselbe gewöhnlich in Metern pro Secunde aus. Da sich bei der Bewegung der Wasserfäden an der Sohle und den Uferwänden des Flussgerinnes in Folge der Reibung grössere Widerstände entgegenstellen als im ungehinderten Wasserlaufe sowie an der Oberfläche, wo nur der Widerstand der ruhenden oder bewegten Luft von den Wasserfäden zu überwinden ist, so nimmt die Geschwindigkeit nach den Ufern und der Sohle hin, d. h. nach dem benetzten Umfange des Profiles, allmählig ab. Sie ist bei einem regelmässigen Bette am grössten in der Mitte des Querprofiles nahezu an der Oberfläche, um ein Geringes unter dem Wasserspiegel; der sich hier bewegende Wasserfaden der grössten Geschwindigkeit heisst der Stromstrich. Die Abnahme der Geschwindigkeit ist eine verschiedene, je nach der Profilbeschaffenheit, namentlich der Wassertiefe im Flussschlauche sowie dem Zustande und Material des benetzten Umfanges. Dieselbe muss zum Zwecke der Berechnung der mittleren Geschwindigkeit sämmtlicher, ein bestimmtes Profil passirender Wasserfäden durch Messung der Geschwindigkeit an einer grösseren Anzahl von Stellen desselben bestimmt werden.

Die Geschwindigkeit der einzelnen Wasserfäden ist von dem Gefälle, der Gestaltung des Profiles und dem Zustande des benetzten Umfanges abhängig. So lange diese Factoren die nämlichen bleiben, kann demnach die Geschwindigkeit als eine gleichförmige angesehen werden; bei der Aenderung eines oder mehrerer derselben wird die Geschwindigkeit eine ungleichförmige.



Linie, welche sämmtliche
rofile eines Flusses ver-
nissen die tiefste Lage

an, entweder nur flach
höchsten Punkte dieser
ie Wasserscheide der
sse. Schon der Name
trennen die Fluss- oder
irken, dass das auf der
ung derselben dem einen
an die Flussläufe unter-



Thalwege.

welche sich direct in das
er u. s. w. Ordnung), so
n Wasserscheiden treffen,
ier Hauptflüsse, sondern
wirken. Fig. 1 giebt die
sowie den zugehörigen
ichtenlinien des Terrains

ermenge, welche einem
Niederschlagsgebietes
h den Fluss getrennten
sserscheiden eines Fluss-
ches, welchen der Fluss
neist am Ursprunge eines
der, während in weiten

Ebenen, namentlich an den Ausmündungen der Flussläufe, die Abstände derselben zumeist sehr beträchtliche werden. Dies trifft nicht nur bei den Flussgebieten erster Ordnung, sondern auch bei denjenigen zweiter und dritter Ordnung zu.

Bei dem Einflusse, welchen die Grösse des Niederschlagsgebietes auf die Wassermenge der Flüsse ausübt, mögen hier einige Mittheilungen über diejenigen der wichtigeren Ströme und Flüsse mit Angabe der Längen derselben sowie der durchschnittlichen Breiten der Gebiete in geographischen Meilen*) folgen:

Tabelle über die Flussgebiete und Flusslängen einiger Ströme.

Fluss.	Flussgebiet. Quadratmeilen.	Länge. Meilen.	Durchschnittl. Breite des Flussgebietes. Meilen.
Wolga	30 100	460	66
Donau	14420	381	38
Rhein	4 700	190	25
Weichsel	3 600	144	25
Elbe	2 800	155	20
Loire	2 400	132	19
Oder	2 070	120	18
Po	1 450	95	16
Rhône	1 250	109	11
Seine	1 240	91	13
Weser	1 200	68	18
Inn	850	67	13
Warthe	830	105	8
Main	730	80	9
Moldau	590	55	11
Saale	390	50	8
Drau	328	80	4
Mur	230	60	3,8
Themse	230	46	4,9
Neckar	190	53	3,6
Spree	170	48	3,6

Die Wassermenge, welche in den Flusslauf gelangt, ist gleich dem auf dem Niederschlagsgebiete auffallenden Wasser abzüglich desjenigen, welches durch Verdunstung bereits vorher entfernt wird. Die Stärke der Verdunstung kennt man nur annähernd; auch ist dieselbe, wie wir gesehen haben, in den verschiedenen Jahreszeiten ausserordentlich verschieden. Ferner ist die Zeit, in welcher das Wasser in den Fluss

*) Eine geographische Meile = 1,011 metrische Meilen (7582,5 m).

geführt wird, in engen Gebirgsthälern eine bedeutend geringere als in weiten Ebenen. Auch der Frost übt einen erheblichen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Wasserführung aus. Es kann demnach eine Schätzung der Wassermenge nach der Grösse des Flussgebietes nur einen ungefähren Anhalt liefern.

Im Allgemeinen kann man für Ueberschlags-Berechnungen annehmen, dass Flüsse, welche in gebirgigen Gegenden entspringen und hierauf durch weite Ebenen ihren Lauf nehmen, den dritten Theil des auf ihrem Gebiete auffallenden Niederschlages abführen. In gebirgigen Gegenden wird die abgeführte Wassermenge jedoch nicht unerheblich vermehrt, während bei sehr ausgedehnten ebenen Gebieten das Verhältniss sich entgegengesetzt stellt.

Verschiedene Wasserbautechniker haben den Versuch gemacht, die kleinsten und grössten Abflussmengen bestimmter Flüsse aus der Grösse des Flussgebietes zu berechnen, wie dies z. B. aus der nachfolgenden Tabelle von L. Franzius *) ersichtlich wird. Dieselbe giebt für deutsche Flüsse die secundliche Wassermenge in Cubikmetern pro Quadratkilometer des Flussgebietes bei kleinstem und grösstem Wasser an.

Tabelle über die Wassermenge der Flüsse.

Bodengestaltung.	Wassermenge		Verhältniss beider (rund).	Bemerkungen.
	bei kleinstem Wasser.	bei grösstem Wasser.		
Nahe den Quellen in gebirgigen Gegenden (nicht Gletscher)	0,002—0,004	0,35—0,60	1 : 150	Grosser Niederschlag, rascher und voller Abfluss.
In bergiger oder steiler, hügeliger Gegend	0,002	0,18—0,23	1 : 90	Mässiger Niederschlag, rascher Abfluss.
In nicht steiler, hügeliger Gegend	0,0018	0,12—0,18	1 : 75	Mässiger Niederschlag, langsamer, unvollkommener Abfluss.
In flacher Gegend	0,0016	0,06—0,12	1 : 50	Kleiner Niederschlag, langsamer unvollkommener Abfluss.
In flacher, sandiger oder mooriger Gegend	0,0012—0,0015	0,035—0,06	1 : 35	Kleiner Niederschlag, grossentheils absorbirt.

Der Wasserabfluss wird erheblich vermindert, wenn der Niederschlag im Flussgebiete weite, uncultivirte Sumpf- und Moorgebiete zu durchziehen hat, um in den Recipienten zu gelangen. In diesem Falle sind die Hochwasser bereits abgeführt, wenn das Wasser aus den Sümpfen, welche dasselbe lange halten und wegen ihrer grossen Oberfläche die Verdunstung

*) Deutsches Bauhandbuch. III. Seite 60; Berlin 1874.

befördern, in diesem anlangt. Mit der Cultivirung dieser Flächen steigt also die Wassermenge bei Hochwasserständen, eine Thatsache, welche die Erfahrung aufs Vollständigste bestätigt hat.

Zur Messung der Grösse des Flussgebietes kann man sich einer guten Karte bedienen, in welcher die Wasserscheiden darzustellen und der Flächeninhalt in zweckentsprechender Weise, z. B. mit dem Amsler'schen Polarplanimeter*) zu ermitteln ist.

In vielen Fällen kann die überschlägliche Bestimmung der Wassermenge eines Flusses aus dem Niederschlagsgebiete benutzt werden, um einen ungefähren Anhalt über die Wassermenge zu erhalten, welche der Fluss bei einem bestimmten Profile fördert. Kennt man z. B. die mittlere Wassermenge Q, welche der Fluss an einer Stelle liefert, so wird an einem weiter unterhalb gelegenen Profile, vorausgesetzt, dass dasselbe sowie das Gefälle sich nicht erheblich geändert, auch keine Nebenflüsse die Wassermenge vermehrt haben, letztere Q_1 proportional sein dem Verhältnisse der beiden Niederschlagsgebiete. Sind diese bezw. A und A_1, so haben wir

$$A : Q = A_1 : Q_1, \text{ also}$$
$$Q_1 = Q \frac{A_1}{A}.$$

Der allgemeine Charakter eines Flusses, das „Regime" desselben, d. h. die Beziehung der Niederschlagsmenge in einem Flussgebiete zu der Wassermenge und deren periodischen Vertheilung im Flusslaufe, ist, wie bereits aus dem Vorstehenden ersichtlich, von sehr vielen Factoren abhängig, namentlich von den orographischen und klimatischen Verhältnissen des Flussgebietes, der Bodenbeschaffenheit, der Vegetation, den Culturverhältnissen (Entwässerungs- und Bewässerungsanlagen) und der Menge und Vertheilung des atmosphärischen Niederschlages. Auch üben der Zustand des Flussbettes, Correctionen im Flusslaufe, Wehre und anderweitige Einbauten einen nicht unerheblichen Einfluss auf das Regime eines Wasserlaufes aus. Dieses ist mithin für jeden Fluss von mannigfachen Umständen abhängig, mit denselben veränderlich und muss, wie leicht ersichtlich, zum Zwecke der Kenntniss der Eigenthümlichkeiten eines Flusses speciell ermittelt werden.

Wasserstände. Der Wasserstand eines Flusses wird in erster Reihe durch die Wassermenge bedingt, welche derselbe abzuführen hat. Im Uebrigen übt die Erosion oder die Anlandung der Flusssohle sowie eine Aenderung des Profiles durch Uferabbrüche und durch Flussbauten, welche einen Stau bewirken, einen Einfluss auf den Wasserstand aus. Der erstere Einfluss ist der überwiegende und veranlasst die mit grösserer oder geringerer Regelmässigkeit eintretenden Aenderungen des Wasser-

*) Eine gute Beschreibung desselben befindet sich unter Anderem in Weisbach's Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, zweiter Theil (vierte Auflage), Seite 313; Braunschweig 1865.

standes, welche in den Extremen und im Durchschnitte als Kleinwasser, Mittelwasser und Hochwasser bezeichnet werden.

Von Wichtigkeit sind überdies noch andere, periodisch wiederkehrende Wasserstände, wie der absolut niedrigste und absolut höchste vorkommende Wasserstand, ersterer namentlich für die Abgabe des Wassers an Bewässerungs- und Schifffahrtscanäle, letzterer, weil derselbe bei der Bemessung der Deichkronen sowie der Brückendurchlässe in Rücksicht zu ziehen ist. In manchen Fällen, namentlich bei der Ableitung von Bewässerungscanälen, für die Schifffahrt und für Bauten im Flusslaufe, wird auch der niedrigste Sommerwasserstand zu ermitteln sein.

Für den gesammten Wasserbau sind die Schwankungen des Wasserstandes eines Flusses von grösster Bedeutung, da kein Wasserbauwerk ohne sorgfältige Berücksichtigung derselben ausgeführt werden kann. Die Aenderung der Wasserstände tritt bei den verschiedenen Flüssen, entsprechend dem Gesammtcharakter ihres Niederschlagsgebietes, in sehr verschiedener Weise ein; auch ist das Verhältniss des Kleinwassers zu dem Hochwasser ein ausserordentlich schwankendes, so dass zur Feststellung dieser Werthe stets genaue und möglichst lange fortgesetzte Messungen angestellt werden müssen.

Flüsse, welche aus weiten Seen entspringen oder eine Reihe von Seen durchfliessen, zeigen viel geringere Schwankungen des Wasserstandes als diejenigen, bei welchen so beträchtliche Profiländerungen nicht vorkommen. Auch üben, wie bereits bemerkt, weite Sumpfgebiete, aus welchen das Wasser nur allmählig in den Fluss gelangt, einen regulirenden Einfluss auf den Wasserstand aus. So verändert der St. Lorenzstrom in Nord-Amerika in Folge des Durchfliessens einer Reihe ausgedehnter Seen seinen Wasserstand nur um 0,50 m.

Die grössten Verschiedenheiten der Wasserstände zeigen diejenigen Flüsse, deren Niederschlagsgebiete Gebirgsländer sind, namentlich wenn in Folge ausgedehnter Entwaldungen das auffallende Wasser, welches in den Felsboden nicht einsickern kann, unmittelbar durch Wildbäche in die Flüsse geführt wird.

Die meteorologischen Verhältnisse üben selbstverständlich einen erheblichen Einfluss auf die Menge des Hochwassers aus; bei der Concurrenz mehrerer ungünstiger Momente kann dasselbe das normale Hochwasser wesentlich übersteigen. Dieser Fall tritt namentlich ein, wenn bei andauerndem Froste grosse Schneemassen fallen, wenn diese gleichmässig auf dem Boden vertheilt bleiben, also nicht durch Schneestürme zusammengeweht werden, wodurch ein rasches und gleichzeitiges Schmelzen verhütet wird. Käme hierzu noch, dass vor dem Schneefalle der mit Feuchtigkeit übersättigte Boden gefroren war, so dass nach dem Aufthauen des Schnees das Wasser nicht in den Boden einsinken kann, vielmehr auf dem gefrorenen Boden durch die vorhandenen Gräben und Bäche schnell abgeführt wird, so muss bei plötzlich eintretendem Thauwetter, namentlich wenn dieses von warmem Regen begleitet wird, in

kürzester Zeit eine ausserordentlich grosse Wassermenge in die Flüsse gelangen.

Auch durch die, glücklicherweise selten eintretenden Eisstopfungen kann der normale Hochwasserstand wesentlich überschritten werden. Wenn bei eintretendem Treibeise grosse Schollen an ihrer Fortbewegung behindert werden, z. B. durch Verengungen in Folge von Buhnen, durch starke Krümmungen oder zu eng profilirte Brückendurchlässe, so schieben sich dieselben übereinander und veranlassen so zuweilen eine vollständige Sperrung des Bettes, eine Eisstopfung. Dieselbe bewirkt oberhalb einen Stau, welcher oft die bedenklichsten Dimensionen annehmen kann und die Gefahr vor Ueberschwemmungen und Deichbrüchen beträchtlich erhöht. Der hierdurch verstärkte Wasserdruck veranlasst schliesslich wieder eine Lösung des Eisdammes; anderweitige künstliche Mittel, z. B. Sprengungen mit Schiesspulver oder Dynamit, haben sich nur ausnahmsweise als wirksam erwiesen.

Zu Anfang des Jahres 1877 wurde in der Weichsel von Neufähr aufwärts in einer Längenausdehnung von 60 km eine Eissprengung vorgenommen, um zu bewirken, dass sich der Eisgang auf dieser Strecke im Frühjahre früher vollziehe, bevor das Nogat-Eis in Bewegung kommt. In diesem Falle war der Erfolg ein durchaus günstiger und wurde der beabsichtigte Zweck vollständig erreicht. Die Arbeiten waren bis Ende Februar beendigt, verursachten aber einen Kostenaufwand von 330023 M.

Von grossem Werthe für die Beurtheilung der Flussverhältnisse sind die Angaben über die kleinsten und grössten Wassermengen eines Flusses in den verschiedenen Stadien seines Laufes. Die Angaben, welche **Hagen***) über die secundlichen Wassermengen des Rheins giebt, mögen hier zunächst aufgeführt werden:

Ort.	Wassermenge		Verhältniss beider.
	kleinstes Wasser. cbm.	höchstes Wasser. cbm	
1) Rhein im Canton Graubünden	15,5	1 100	1 : 70
2) „ bei Basel	330	4 624	1 : 14
3) „ bei Alt-Breisach	340	4 630	1 : 13,6
4) „ bei Kehl	380	4 680	1 : 12,3
5) „ bei Lauterberg	465	5 010	1 : 10,8
6) „ an der niederländischen Grenze	930	6 180	1 : 6,6

Man ersieht aus dieser Tabelle den erheblichen, regulirenden Einfluss des Bodensees auf die Ausgleichung der Wassermengen. Unterhalb desselben tritt eine viel gleichmässigere Speisung ein, da die vom Bodensee gesammelten Wassermassen nur allmählig der unteren Stromstrecke mit-

*) Handbuch der Wasserbaukunst, 3. Auflage, II. Theil, I. Band; Seite 200.

getheilt werden. An den weiter folgenden Strecken macht sich die Einwirkung der Nebenflüsse aufs Deutlichste bemerkbar; dieselben haben eine andere Periode der Anschwellung als der Hauptstrom, so dass eine noch viel beträchtlichere Ausgleichung stattfindet, in dem Masse, wie ihre Zahl zunimmt.

Es mögen hier noch die Verhältnisse des Klein- und Hochwassers bei einigen anderen Flüssen folgen:

Name des Flusses.	Wassermenge pro Secunde.		Verhältniss beider.
	Kleinwasser. cbm.	Hochwasser. cbm.	
Elbe bei Herrnskretschen	42,7	429,1	1 : 10
„ bei Torgau	90	1 800	1 : 20
Donau bei Wien	1411	5 049	1 : 3,57
„ bei Czernawoda*)	8511	26 156	—
Isar bei München	41,5	1 500	1 : 36
Main bei Frankfurt	70	3400	1 : 48,6
Loire bei Nevers	13	4300	1 : 331
„ bei Blois	45	9 700	1 : 216
„ oberhalb Tours	70	10 500	1 : 150
„ unterhalb Tours	85	12 000	1 : 141
Rhône bei St. Vallier	210	7 000	1 : 33
„ bei der Durance-Mündung	360	11 900	1 : 33
Mississippi bei Columbus	3640	40 300	1 : 11

Um die Schwankungen des Wasserstandes übersichtlich erkennen zu können, empfiehlt es sich, dieselben durch eine Curve darzustellen, für welche die Zeiten die Abscissen und die beobachteten Wasserstände die Ordinaten sind. Umfassen die Beobachtungen und Darstellungen eine Reihe von Jahren, so lässt sich daraus übersichtlich erkennen, in welcher Jahreszeit gewöhnlich die verschiedenen Wasserstände einzutreten pflegen; bei einer langen Reihe von Jahren lässt sich aus den Mittelwerthen der Wasserstände ein Schluss ziehen über den Einfluss, welchen Strombauten und Regulirungen auf die Wasserstände ausgeübt haben.

Wasserabnahme. Aus Untersuchungen, welche der k. k. Ministerialrath G. von Wex**) an einigen Strömen, dem Rhein, der Elbe, Oder, Weichsel und Donau angestellt und auf eine möglichst lange Reihe von Jahren ausgedehnt hat, folgert derselbe, dass die Wassermenge bei

*) Die Wassermengen beziehen sich auf die Donau bei Czernawoda (Rumänien), einschliesslich des Nebenarmes, der Boreca. Der Werth 8511 cbm ist jedoch das Quantum des Mittelwassers.

**) Ueber die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen bei gleichzeitiger Steigerung der Hochwässer in den Culturländern; Wien 1873. Zweite Abhandlung unter gleichem Titel 1879. Diese Schrift hat eine lebhafte Controverse für und wider hervorgerufen und ist der Streit über die Richtigkeit der Wex'schen Hypothesen derzeit noch nicht abgeschlossen.

kleinen und mittleren Wasserständen fast durchweg, und oft in erheblichem Masse, abgenommen hat, dass dagegen die Hochwässer in den meisten Fällen gestiegen sind. Die Wasserspiegel-Senkungen werden um so grösser, je länger der Strom ist und je weiter unterhalb die Beobachtung angestellt wurde. Die Senkung nimmt zu mit der Grösse des Stromgebietes, da sie von der Wasserabnahme der einmündenden Flüsse und Bäche beeinflusst wird.

Die Hochwässer treten nach diesen Untersuchungen in neuerer Zeit weit häufiger ein als früher und veranlassen auch höhere Anschwellungen; es folgt daraus, dass auch jetzt zur Zeit des Hochwassers weit grössere Wassermengen abfliessen als vordem. Ferner zeigte sich in den letzten Decennien eine grössere Unregelmässigkeit in dem Auftreten des Hochwassers als früher.

Den Wex'schen Untersuchungen wurden die Pegelmessungen an den betreffenden Flüssen zu Grunde gelegt; es bleibt jedoch zu berücksichtigen, dass sich aus den Wasserständen an den Pegeln nicht unbedingt auf die Wassermengen schliessen lässt; durch Regulirungen und Veränderungen der Sohle kann die Wassertiefe vermindert sein und trotzdem in Folge erhöhter Geschwindigkeit die nämliche Wassermenge das Profil passiren. Selbst wo keine ausgedehnten Regulirungen, z. B. Durchstiche auf den unterhalb gelegenen Strecken, stattgefunden haben, welche eine Erhöhung der Geschwindigkeit des Wassers verursachen, kann schon bei Sohlen in beweglichem Boden eine Vertiefung derselben stattfinden, ohne dass eine erhebliche Aenderung des Profiles hieraus folgt. Der Pegel zeigt demnach einen niedrigeren Stand als der Wassertiefe entspricht. Trotzdem also die positive Richtigkeit der Wex'schen Ziffern nicht feststeht, so lässt sich doch aus der auffallenden Consequenz derselben mit Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass die angeregte Thatsache, d. h. die Wasserabnahme der Flüsse bei Klein- und Mittelwasser sowie die Zunahme bei Hochwasser, für viele Flüsse ihre Richtigkeit hat. Die zuverlässige Höhe der Abnahme würde sich freilich erst durch sorgfältige und eine möglichst grosse Reihe von Jahren fortgesetzte Messung der Wassermengen feststellen lassen.

Die Folgerung, welche Wex aus seinen Nachweisen zieht, sind in Kurzem folgende:

1) Dass die Nebenflüsse und Bäche der genannten Ströme ebenfalls in ihren Wassermengen eine Abnahme erfahren haben.

2) Dass auch mit grosser Wahrscheinlichkeit eine Abnahme der Wasserstände und der abfliessenden Wassermengen bei anderen Flüssen stattgefunden hat, da die nämlichen Ursachen wie bei den untersuchten einwirken. Auch dass die Hochwässer bei diesen jetzt häufiger eintreten, die Flüsse höher anschwellen und verheerendere Ueberschwemmungen erzeugen als früher, ist danach ausser Zweifel und wird von der Erfahrung bestätigt.

3) Ein Fortschreiten der in Rede stehenden Calamität würde zur

Folge haben, dass bei den kleinsten und mittleren Wasserständen die Ströme in ihrem oberen Laufe nicht mehr schiffbar sein würden. Schreitet die Senkung der Wasserstände nur so fort wie in den letzten Perioden, so würde dieser Fall bereits in 100 bis 200 Jahren eintreten.

Die Bäche und die kleineren Flüsse würden dagegen bei der stetigen Abnahme der Wasserstände und der Abflussmengen leicht in Wildbäche verwandelt werden können, welche mehrere Monate im Jahre ganz trocken liegen, bei Regengüssen und beim Schmelzen des Schnees dagegen plötzlich anschwellen und sehr grosse Wassermassen abführen. Hierfür liegen bereits vielfältige Beispiele vor; unter Anderem zeigen die sämmtlichen von den südlichen Abhängen der Alpen in Italien und Kärnten herabstürzenden Wildbäche diese Erscheinung.

In gleicher Weise sucht Wex zu constatiren, dass in neuerer Zeit eine nicht unerhebliche Abnahme der Quellen und der aus diesen ausfliessenden Wasserquantitäten stattgefunden hat.

Einfluss der Entwaldungen auf das Flussregime. Die Ursachen der nachtheiligen Veränderungen des Flussregimes müssen in erster Reihe in den ausgedehnten Entwaldungen gesucht werden, welche in der neueren Zeit namentlich in den Quellgebieten der Flüsse und Ströme vorgenommen werden. Der Einfluss des Waldes auf die Wassermengen der Flüsse sowie deren periodische Vertheilung ergiebt sich aus Folgendem: *)

Die Verschiedenheit der Temperatur des Waldes und des freien Landes ist eine nicht unerhebliche in den Frühjahrs- und Sommermonaten; der Wald ist hier durchgehends kälter als das freie Land. Im Winter zeigt sich am Tage kein erheblicher Unterschied zwischen Wald- und äusserer Luft, bei Nacht ist dagegen die Waldluft entschieden wärmer in Folge der verminderten Ausstrahlung.

Die Niederschläge sind im Walde grösser als im freien Lande, da die Wasserdünste der Atmosphäre durch die Berührung der kälteren, oberhalb der Waldungen befindlichen Luftschichten zur Condensation gebracht werden und als Regen niederfallen. Die angeführten Temperatur-Verschiedenheiten im Walde und dem freien Lande geben ferner Veranlassung zu fortwährenden Luftströmungen, wodurch immer neue, mit Wasser geschwängerte Luftschichten zur Condensation gelangen. Der Wechsel von Wald und freiem Lande vermehrt demnach hauptsächlich die Niederschläge. Lorenz erklärt dies a. a. O. Seite 300 in überzeugender Weise wie folgt:

„Im Grossen und Ganzen ist die Wirkung des Waldes auf das Klima seiner Umgebung analog derjenigen einer Wasserfläche auf ihre Umgebung. Wie die Wasserfläche über ihre Grenzen hinaus nur durch die Luftströmungen

*) Vergl. Ebermayer, die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden; Aschaffenburg 1873, und Lorenz und Rothe, Lehrbuch der Klimatologie; Wien 1874.

wirken kann, welche entweder von ihr eingeleitet oder beim Darüberziehen modificirt werden, so auch der Wald. Ohne Luftwechsel kann — wie es auch die tägliche Erfahrung lehrt — neben einem kühlen feuchten Walde eine Heide, Strasse u. s. w. stundenlang heiss und trocken bleiben; aber wenn der Gegensatz zu gross wird, beginnt eben eine Luftcirculation, und es mildert sich einerseits die trockene Hitze der Heide oder Strasse, andererseits verliert der Wald etwas an Kühle und Saturation. Ebenso ist es auch im Grossen der Fall, wenn Waldgebiete mit waldfreiem Lande wechseln.

Kleinere Enclaven des letzteren im ersteren erhalten ein fast unverändertes Waldklima; je grösser die waldlosen Strecken gegenüber den bewaldeten sind, desto weniger reicht der Wald hin, um ihr Klima zu modificiren. Jedenfalls aber findet an den Grenzen des Waldes auf eine noch nicht näher bekannte Entfernung — die natürlich nach der Lage und mancherlei anderen selbstverständlichen Bedingungen sehr verschieden sein wird — eine Beeinflussung des Klimas statt und zwar 1) durch die vom Walde erzeugten, zur Zeit der sommerlichen Insolation nach dem freien Lande gehenden localen Strömungen kühlerer, feuchterer Waldluft; 2) durch die Modification, welche die allgemeinen weiterher kommenden Winde beim Durchgange durch den Wald erleiden."

Dass auch der Reichthum der Quellen in dem Masse, wie der Waldreichthum eines Landes abnimmt, zurückgeht, ist ausser allem Zweifel. Auf kahlem Boden, namentlich Felsboden, oder wenn bei cultivirten Flächen für eine schnelle Abführung des Wassers gesorgt ist, findet ein Versickern desselben in den Untergrund und hierdurch eine Speisung der unterirdischen Wasserzüge in weit geringerem Masse statt, als wenn das auffallende Regenwasser an der grossen Oberfläche des Laubes der Waldbäume aufgehalten, ferner durch die Bodenbedeckung des Waldes am schnellen Abfliessen behindert wird und so allmählig in den Boden, in welchem durch die ausgebreiteten Wurzeln der Bäume Spalten und Canäle entstanden sind, versickert. Bei der niedrigeren Temperatur der Waldluft und des Waldbodens findet von demselben eine weit geringere Verdunstung statt als von freiem Lande, so dass auch hierdurch eine locale Erhaltung des Wassers und eine Speisung der Quellen gesichert wird. Am günstigsten zeigt sich dies, wenn der Wald mit einer Streudecke belegt ist, in welchem Falle die Verdunstung eine etwa 6 mal geringere ist als im Freien. Ebermayer giebt folgende Daten über die Verdunstung im Walde mit und ohne Streudecke sowie im Freien, als Mittelwerth von zweijährigen Beobachtungen 1869 und 1870:

Bei einem capillar mit Wasser gesättigten Boden verdunstete pro Hektar und Jahr eine Wassermenge in Cubikmetern:

Im Walde		Im Freien.
mit Streudecke.	ohne Streudecke.	
695,13	1592,13	4086,56

„Der Wald allein ohne Streudecke vermindert sonach die Verdunstung gegenüber jener auf freiem Felde um 62 %; sie ist im Walde um 2,6 mal

geringer als auf nicht bewaldetem Boden. Wald und Streudecke zusammen bewirken eine um 85 % geringere Verdunstung des Bodenwassers."

Ein weiterer, im höchsten Grade nachtheiliger Einfluss der kahlen Hänge ist, dass die Niederschläge ohne jedes Hinderniss, also ausserordentlich schnell, in die Bäche und Flüsse gelangen, wodurch plötzlich auftretende und oft überaus verheerende Hochwässer entstehen. Der Wald und seine Streudecke verzögern den Abfluss des Wassers in erheblichstem Masse; die plötzlich bei starken Niederschlägen oder beim Schmelzen des Schnees auftretenden Wassermassen werden auf eine längere Abflussperiode vertheilt. Hierzu kommt, das die Nachtheile, welche der schnelle Abfluss des Wassers von den kahlen Hangflächen im Gefolge hat, als Abschwemmen des Bodens, Herabführung von gewaltigen Geschiebsmassen, welche in der Thalebene und den Wasserläufen die ärgsten Schäden anrichten und auch hierdurch die Hochwässer vermehren, in weit geringerem Masse auftreten können, sobald die Hänge bewaldet und die Geschiebsmassen, wo dies erforderlich, durch zweckentsprechende Verbauungen zurückgehalten werden.

Einfluss der Entwässerungen und ähnlicher Meliorationen. Durch die Entwässerung von Sumpfgebieten, Trockenlegung von Seen, Umwandlung von Bruch- und Weideländer in Ackerland tritt gleichfalls eine Steigerung der Hochwässer ein. Alle diese Meliorationen bedingen, dass das auf und in dem Boden vorhandene sowie das Niederschlagswasser schneller und geregelter abgeführt werde als bisher; es entfällt mithin nach der Melioration die für die Vertheilung des Wassers in einem Flusse günstige retentive Wirkung der Sumpfgebiete, Seen, Moräste, Weideflächen. Der Einfluss der Entsumpfungen auf das Regime der Flüsse ist ein weit erheblicherer, als gemeinhin angenommen wird. Ausgedehnte Sumpfgebiete sind im Stande, sehr beträchtliche Wassermassen aufzunehmen und festzuhalten; ferner ist darauf hinzuweisen, wie überaus schnell eine correct ausgeführte Entwässerung, z. B. die Drainage, den Boden abtrocknet, wie bei dieser die Ableitung des überschüssigen und noch mehr des Wassers in wenigen Wochen erfolgt, während dasselbe sonst fast das ganze Jahr hindurch im Boden stagnirt und nur ganz allmählig durch die Verdunstung entfernt wird. Die Sumpfdistricte befinden sich vorwiegend in dem Gebiete des Mittel- und Unterlaufes der Flüsse und Ströme; ihre Trockenlegung muss demnach hier ganz die gleiche, oft sogar eine noch verstärkte nachtheilige Einwirkung auf das Flussregime ausüben wie der fehlende oder nicht genügend vorhandene Wald im Quellengebiete.

Es darf aber aus dieser Betrachtung keineswegs die Folgerung gezogen werden, dass die Entwässerung versumpfter Gebiete künftighin eingeschränkt oder sistirt werden solle, vielleicht sogar analog den gesetzlichen Vorschriften über die Wiederbewaldung kahler, als Schutzwaldflächen erklärter Hänge. Nur ist das Verlangen zu stellen, dass jede aus hygienischen und ökonomischen Rücksichten auszuführende grössere Entwässerung

rationell durchgeführt werde, d. h. dass mittelst derselben nur eine zweckmässige Regulirung der Wasserverhältnisse stattfinde, dass also nicht ein einfaches Abzapfen des Wassers aus dem Boden erfolge, wodurch dieser in den meisten Fällen in nicht zu langer Zeit aus einem Sumpfe in eine Wüste verwandelt wird, dass vielmehr durch Aufforstung der gewonnenen Culturfläche, durch Anlage von Wiesen und Weiden, deren Graswuchs eine ähnliche günstige Wirkung auf die Verzögerung des Wasserabflusses ausübt wie der Wald, oder endlich durch eine mit der Entwässerung combinirte Bewässerung dem Boden in der Periode der Dürre der nöthige Grad an Feuchtigkeit zugeführt werde. Nur in diesem Falle ist man berechtigt, von einer wahrhaften Meliorationsanlage zu sprechen; die Unterlassung dieser Massregeln ist in sehr vielen Fällen die Ursache geworden, dass der beabsichtigte Erfolg nicht eingetreten, ja dass die Beseitigung eines Missstandes einen viel schlimmeren zur Folge gehabt hat. Namentlich durch die Combination der Bewässerung mit der Entwässerung können, eine zweckmässige Durchführung vorausgesetzt, die schädlichen Einwirkungen der reinen Entwässerungsanlage auf die Vertheilung der abzuführenden Wassermenge in vollkommenster Weise hintangehalten werden.*)

Wildbäche. Die in den steilen Seitenthälern der Gebirge mit starkem Gefälle entstandenen Rinnen oder Runsen, welche in der Regel nur nach starken Niederschlägen Wasser führen, heissen Wildbäche. Dieselben münden zumeist unter annähernd rechtem Winkel in einen Gebirgsfluss. Das Gefälle der Wildbäche übersteigt zumeist 6 %. Die Anschwellung derselben erfolgt gewöhnlich plötzlich, wie auch die Abnahme des Wassers in der Regel schnell stattfindet. Die Wassermassen, welche, entsprechend dem starken Gefälle, mit gewaltiger Stosskraft herabfliessen, bewirken ein Fortreissen von Erde und Felsmassen sowie Abrutschungen in Folge der Unterspülung der seitlichen Abhänge der Runse. Diese Masse von Wasser mit Schlamm und Steinen, in welcher die festen Bestandtheile zumeist die flüssigen an Menge übertreffen, der Murgang, die Muhre oder Rüfe, gelangt mit zerstörender Gewalt in die Tiefe und bei Verminderung des Gefälles oder wenn dem Wasser die Möglichkeit des isolirten Abflusses gegeben ist, zum Stillstande.

Es lassen sich danach bei jedem Wildbache drei mehr oder minder scharf getrennte Gebiete unterscheiden, nämlich

1) Das Gebiet des Abbruches, das Sammelbecken, die oberste Strecke des Wildbaches, zumeist in der Region zwischen der Schneegrenze und der oberen Waldgrenze, häufig aus einer grösseren Anzahl einzelner Runsen sich bildend. Daran anschliessend

*) Ueber weitere Ursachen der Hochwässer, namentlich soweit solche durch fehlerhafte Flussregulirungen verursacht werden, wird weiter unten (Abschnitt II. B und C) gehandelt werden.

2) das Bett der Murgänge, der Tobel, Abzugscanal, gemeinhin eine tief eingeschnittene, steile Felsschlucht, in welcher sich die Mure nach abwärts bewegt. Wo der Abzugscanal in das Thal ausmündet, tritt gewöhnlich eine Verminderung des Gefälles ein; hier bildet sich

3) das Gebiet der Ablagerung, das Schuttbett, der Schwemmkegel oder Schuttkegel. Da die folgenden Murgänge auf den höchsten Punkt des früheren Schuttbettes gelangen, so breiten sich diese, stets dem stärksten Hange folgend, nach den verschiedenen Seiten aus, so dass das Ablagerungsgebiet im Laufe der Zeit eine annähernd regelmässige, fächerförmige Gestalt erhält. Daher die Bezeichnung Schwemmkegel, auch Schuttkegel.

An das Ablagerungsgebiet schliesst sich entweder eine Fortsetzung des Wildbaches, in welchem der Ablauf des Wassers in den Gebirgsfluss stattfindet, oder das Schuttbett erstreckt sich unmittelbar bis zu diesem. Zuweilen finden sich auch, entsprechend dem wechselnden Gefälle im Laufe der Runse, mehrere Ablagerungsplätze in dem nämlichen Wildbache.

Die furchtbare Wirkung der Murgänge ist allgemein bekannt. Im Sammelgebiete wird die Bodenkrume mit ihrer Vegetation fortgerissen, der nackte zur Bepflanzung ungeeignete Fels tritt an deren Stelle. Nunmehr findet das Wasser keinerlei Hinderniss mehr, der Abbruch wird immer stärker; Häuser, ja ganze bewohnte Ortschaften fallen der Vernichtung anheim. Im Gebiete des Tobels entstehen die schwersten Verheerungen; das Schuttbett gewinnt immer mehr an Umfang; der Culturboden wird mit Steinen überschüttet und so völlig entwerthet. Der Schuttkegel tritt häufig bis in das Thal und richtet hier mannigfache Verwüstungen an. Wiederholt ist der Fall vorgekommen, das er den Fluss verschotterte, welcher nach der entgegengesetzten Seite gedrängt wurde. Ist hier in Folge steil aufsteigender Felsen ein Ausweichen nicht möglich, so wird der Fluss vollständig abgesperrt, wodurch in der Regel gewaltige Ueberschwemmungen in der Thalebene entstehen. Dass somit in Folge der Murgänge auch die Gebirgsflüsse die mannigfachsten Verheerungen anrichten, ist wohl einleuchtend. So hat z. B. der Schuttwall, den im September 1882 der Eisack an seiner Mündung quer über das Flussbett der Etsch aufbaute, alles Land von Siegmundskron bis über Terlan, 8 km weit aufwärts, 4 Monate lang in einen See verwandelt. Auf dieselbe Ursache sind auch alle anderen Versumpfungen im Etschthale, an der Salzach, an der Enns, bei Sitten an der Rhône u. a. a. O. zurückzuführen.*)

Die Zerstörungen durch die Wildbäche hängen ausser von meteorologischen Verhältnissen wesentlich ab von dem geologischen Aufbau des Sammelbeckens, der mineralogischen Zusammensetzung und petrographischen Ausbildung der Felsarten, welche im Bereiche der obersten Partieen eines Wildbaches vorkommen. Einzelne Gemengtheile der Gesteine, wie

---

*) Sonklar, Edler von Innstädten. Von den Ueberschwemmungen, Seite 55; Wien 1883.

Feldspath, Calcit, Schwefelkies, verwittern leichter als andere und bringen dadurch das ganze Gestein rascher zum Zerfallen. Ebenso sind die Felsarten in Bezug auf Härte, Löslichkeit, Cohäsion, Struktur u. s. w. überaus verschieden. Compacte, harte Gesteinsmassen lassen die Wildbäche in dem oben geschilderten Charakter überhaupt nur schwer aufkommen; die Runsen führen nur wenig Schutt und erhalten deshalb zuweilen den Namen Giessbäche.*)

Sinkstoffbildung und -Bewegung. Die vom Wasser in Folge seiner Geschwindigkeit mitgeführten festen Sinkstoffe, namentlich durch Erosion und Abbruch im Oberlaufe, theilweise aber auch im Mittellaufe von den nicht durch Vegetation gesicherten Flächen bei starken Niederschlägen sowie durch Abbruch der ungeschützten Ufer dem Wasserlaufe zugeführt, sind in ihrer Grösse ausserordentlich verschieden. Während im Gebiete der Wildbäche Feldmassen von ungeheuren Dimensionen den Gebirgsflüssen zugeführt werden, findet allmählig eine Zerkleinerung der Sinkstoffe statt und werden die kleineren Gesteins- und Erdmassen als Geschiebe, Gerölle, Kies, Sand und Schlamm oder Schlick bezeichnet. Durch Abreibung werden die ursprünglich eckigen Gesteinstrümmer während ihrer Fortbewegung allmählig abgerundet; durch fortgesetzte Zerkleinerung und Verschiebung auf der Flusssohle entsteht Kies und Sand in Stücken von sehr verschiedener Form und Grösse. Die feinsten, schlammartigen Theilchen, welche nur bei völliger Stagnation des Wassers zum Niederschlage gelangen und diesem seine trübe Färbung ertheilen, der Schlick, bildet die bei genügender Entwässerung zumeist sehr fruchtbaren Marschen an den Ausmündungen der Ströme in das Meer.

Die Fortbewegung der Sinkstoffe erfolgt in verschiedenster Weise. Die leichteren Theile werden vom Wasser schwebend gehalten, schwerere dagegen auf der Sohle geschoben oder gerollt. Immer ist es die von der Geschwindigkeit abhängige Stosskraft des fliessenden Wassers, welche die Bewegung erzeugt und erhält. Vermindert sich diese, so fallen die schweren Sinkstoffe zu Boden, können aber auf der Flusssohle weiter vorrücken, namentlich wenn durch Aenderung des Gefälles oder der Wassermenge die Geschwindigkeit gesteigert wird. Dieselben Körper können sogar in der Folge wieder schwebend weitergeführt werden, sobald durch Abschleifen an der Sohle und gegeneinander ihr Volumen entsprechend verringert wurde. Wenn von einigen minder wichtigen Umständen, wie z. B. der Form der Sinkstoffe abgesehen wird, so ist der Durchmesser der bewegten Körper proportional dem Quadrate der Wassergeschwindigkeit. Nach Dubuat findet eine Fortbewegung der in nachfolgender Tabelle angegebenen Materialgattungen bei den beigefügten Geschwindigkeiten des Wassers statt.

*) Ausführliches über den Einfluss der verschiedenen Gesteinsmassen auf den Charakter der Wildbäche enthält die Schrift von Dr. G. A. Koch: Die Ursachen der Hochwasser-Katastrophe in den Süd-Alpen; Wien 1883.

Material.	Geschwindigkeit. m
Thon	0,08
Feiner Sand	0,16
Grober Sand	0,20
Kies	0,30
Schotter 3—4 cm	0,60
Schotter 5—7 cm	0,95
Trümmer 10—20 cm	2,20
Trümmer 1,5—2 cbm . . .	5,00

Das allmählige Vorrücken der Sandbänke auf der Flusssohle erklärt sich dadurch, dass die abgelagerten Sinkstoffe das Flussbett erhöhen, wodurch wieder, theils durch den erzeugten Wasserstau, theils durch Steigerung des Gefälles, die Geschwindigkeit soweit erhöht wird, dass ein Theil der Sinkstoffe von Neuem in Bewegung gesetzt wird. Die Fortschiebung der Sandbänke findet nunmehr so lange statt, bis in Folge der Verminderung des Gefälles die Stromgeschwindigkeit wieder verlangsamt wird.

Im Grossen und Ganzen findet hierbei wohl eine Sortirung des Materials statt, indem entsprechend der im Allgemeinen von der Quelle zur Mündung abnehmenden Geschwindigkeit die Sohle successive aus immer feinerem Material besteht. Jedoch kommen auch in der nämlichen Flussstrecke Sinkstoffe von sehr verschiedener Grösse zur Ablagerung, theils in Folge der Aenderung der Geschwindigkeit, welche mit dem Wasserstande wechselt, theils, weil an den Ufern die Geschwindigkeit oft eine wesentlich geringere ist als in der Mitte.

Bei Gebirgsflüssen findet zuweilen eine durch Hochwasser erzeugte massenhafte Fortbewegung der Sinkstoffe auf der Sohle ohne Sortirung statt, indem in ähnlicher Weise wie bei Murbrüchen in den Runsen der Wildbäche, die gesammte auf der Sohle lose lagernde Masse in Bewegung geräth und stromabwärts geführt wird.

Die Ablagerung der Sinkstoffe in den Flussläufen erfolgt namentlich bei Gefällsbrüchen, sobald das starke Gefälle in ein schwächeres übergeht. Ferner an den Einmündungen der Nebenflüsse in Hauptflüsse, in Folge Verminderung der Geschwindigkeit, welche durch verschiedene Umstände herbeigeführt werden kann. So z. B., wenn der Thalweg des Nebenflusses ein stärkeres Gefälle besitzt als derjenige des Hauptflusses oder wenn die Einmündung unter einem nahezu rechten Winkel erfolgt. Im letzteren Falle entsteht stets eine Verminderung der Geschwindigkeit an der Stelle des Zusammentreffens beider Strömungen und dieser entsprechend Ablagerung von Sinkstoffen. In gleicher Weise geben stärkere Flusskrümmungen in der Regel zu solchen die Veranlassung und zwar finden, da der Stromstrich gegen die concave Seite gedrängt wird, die Anlandungen an der convexen Seite statt. Da gleichzeitig die concave Seite, sobald die Ufer derselben nicht angemessen befestigt sind, in Folge Erhöhung

der Geschwindigkeit in Abbruch versetzt wird, so erklärt sich hierdurch die häufig zu beobachtende Zunahme von Serpentinirung einer Flussstrecke.

Endlich sind die Ablagerungen zu erwähnen, welche bei der Einmündung eines Flusses oder Stromes in stagnirendes Wasser, also einen Landsee oder in das Meer, entstehen. Durch Verzweigungen des Flusses, welche namentlich bei vermindertem Gefälle sich bilden, mündet derselbe in mehreren Armen in das Meer aus und entstehen so diejenigen Verlandungen, welche ihrer dreieckigen Gestalt wegen mit dem Namen Delta bezeichnet werden. Durch fortgesetzte Anlandungen rückt die Mündungsstelle immer weiter in das Meer vor, wodurch in Folge der Verringerung des relativen Gefälles leicht Versumpfungen entstehen. Dieses Vorrücken beträgt in neuerer Zeit bei dem Po jährlich 65 m, bei der Rhône 50 m, beim Mississippi 80—100 m. Flüsse, welche in Meere mit starker Ebbe und Fluth oder mit kräftigen Meeresströmungen einmünden, zeigen keine Deltabildungen, da das bei der Ebbe abgelagerte Material bei der Fluth wieder nach aufwärts geführt wird. Aus diesem Grunde zeigen die Elbe, Weser und Themse keine deltaartigen Ausmündungen; aber auch dem Amazonenstrome fehlt das Delta, weil die Schlammmassen desselben von der Aequatorialströmung weiter fortgeführt werden. Die Ausmündungen dieser Flüsse sind trichterartig und findet keine Versperrung derselben durch Sinkstoffe statt. Man bezeichnet diese Art von Ausmündungen als Aestuarien. Es ist übrigens zu bemerken, dass das Vorhandensein von Ebbe und Fluth bezw. das Fehlen derselben die Bildung von Aestuarien und Deltas nicht vollständig erklärt, da unter in dieser Hinsicht gleichen Verhältnissen der Rhein die Deltabildung, Themse, Weser und Elbe dagegen die offene Mündung zeigen. Wahrscheinlich kommen für die Art der Ausmündung noch das Verhältniss der Stromkraft zu der Fluth, die Anwesenheit oder das Fehlen von Küstenströmungen an der Mündungsstelle und die hier herrschende Windrichtung in Betracht.

Menge und Zusammensetzung der Sinkstoffe. Die Menge der Sinkstoffe zeigt bei den verschiedenen Flüssen und bei diesen wiederum in den einzelnen Jahreszeiten ausserordentliche Verschiedenheiten, wie dies aus den nachfolgenden Beispielen hervorgeht.

Elbe bei Lobositz. Die Sinkstoffmenge und die Zusammensetzung der Sinkstoffe sowie der im Wasser gelösten Stoffe ergeben sich nach Breitenlohner's Untersuchungen, wie in der folgenden Tabelle angegeben. Vorausgesetzt ist, dass jährlich 6 Milliarden cbm Wasser das Profil von Lobositz passiren und dass die für die Berechnung auf Grund regelmässig vorgenommener Untersuchungen benutzten Mittel der suspendirten und gelösten Stoffe den thatsächlichen Verhältnissen entsprechen.

Es werden jährlich abgeführt:

	Suspendirte Stoffe.	Gelöste Stoffe.	Zusammen.
	Millionen kg.		Millionen kg.
Eisenoxyd	54,809	—	54,809
Eisenoxydul	—	12,240	12,240
Manganoxyd	4,290	—	4,290
Manganoxydul	—	4,800	4,800
Thonerde	81,305	—	81,305
Kalkerde	2,985	137,400	140,385
Bittererde	1,734	26,400	28,134
Kali	24,334	30,180	54,514
Natron	5,462	34,140	39,602
Chlornatrium	—	25,320	25,320
Kohlensäure	2,200	141,600	143,800
Schwefelsäure	0,268	45,420	45,688
Phosphorsäure	1,498	—	1,498
Kieselsäure und Quarz	304,606	24,480	329,086
Flüchtige Stoffe	63,649	140,700	204,349
Summa	547,140	622,680	1 169,820

Im Mittel enthält 1 cbm Wasser

	suspendirte Stoffe			gelöste Stoffe		
	fix	flüchtig	total	fix	flüchtig	total
Mittel	82,62	8,57	91,19	80,33	23,45	103,78 g.
Procent	88,37	11,63		77,80	22,20	

In 1 cbm Wasser sind enthalten Kilogramm:

Monat.	Suspendirte Stoffe.	Gelöste Stoffe.	Monat.	Suspendirte Stoffe.	Gelöste Stoffe.
Januar	0,030	0,082	Juli	0,086	0,105
Februar	0,367	0,110	August	0,306	0,129
März	0,075	0,091	September	0,021	0,103
April	0,030	0,105	October	0,003	0,129
Mai	0,031	0,102	November	0,033	0,090
Juni	0,064	0,117	December	0,050	0,082

	suspendirt.	gelöst.
Winterhälfte.	0,093	0,097
Sommerhälfte	0,090	0,110
Jahresmittel	0,091	0,104

Die Menge der suspendirten Stoffe ist mithin im Winter grösser als im Sommer, während sich dies bei den gelösten Stoffen umgekehrt verhält. Im Allgemeinen ist die Menge der gelösten Stoffe grösser als diejenige der suspendirten.

Donau bei Greifenstein (Wien) nach den Untersuchungen von Wolfbauer.

In 1 cbm Wasser sind enthalten Kilogramm:

Monat.	Suspendirte Stoffe.	Gelöste Stoffe.	Monat.	Suspendirte Stoffe.	Gelöste Stoffe.
Januar.	0,240	0,200	Juli.	0,198	0,139
Februar	0,106	0,210	August	0,101	0,158
März.	0,135	0,152	September . .	0,130	0,175
April.	0,067	0,168	October. . . .	0,023	0,181
Mai.	0,168	0,153	November . .	0,012	0,193
Juni	0,165	0,141	December . .	0,019	0,194

	Suspendirt.	Gelöst.
Winterhälfte	0,089	0,188
Sommerhälfte	0,138	0,155
Jahresmittel	0,114	0,172

Die Menge der suspendirten Stoffe ist im Winter geringer als im Sommer; in Betreff der gelösten Stoffe ist das Verhältniss umgekehrt. Im Allgemeinen ist (wie bei der Elbe) die Menge der gelösten Stoffe grösser als diejenige der suspendirten. Unter der Annahme einer mittleren secundlichen Wassermenge von 1700 cbm, ferner, dass das Cubikmeter 0,114 kg suspendirte und 0,172 kg gelöste Stoffe enthalte, transportirt die Donau bei Wien in Kilogrammen

Zeiten.	Suspendirt.	Gelöst.	Total.
Im Verlaufe eines Tages	16 744 320	25 263 360	42 007 680
Im Jahre	6 111 676 800	9 221 126 400	15 332 803 200

Nach Untersuchungen von Breitenlohner führte die Donau bei Wien während des Hochwassers am 29. December 1882 (Wasserstand am Pegel der Reichsstrassenbrücke + 2 m) 0,8 kg Schlamm pro Cubikmeter Wasser.

Französische Flüsse. Des Vergleiches wegen mögen hier zunächst die Sinkstoffmengen einiger französischer Flüsse nach Untersuchungen von Hervé Mangon folgen:

Monat.	Var 1864/65.		Marne 1863/64.		Seine 1863/64.	
	Mittleres Gewicht des Schlammes in 1 cbm Wasser. g	Gesammtgewicht des abgeführten Schlammes Millionen kg	Mittleres Gewicht des Schlammes in 1 cbm Wasser. g	Gesammtgewicht des abgeführten Schlammes Millionen kg	Mittleres Gewicht des Schlammes in 1 cbm Wasser. g	Gesammtgewicht des abgeführten Schlammes. Millionen kg
September .	740,295	57,6	—	—	—	—
October . . .	8 499,763	13 086,6	—	—	—	—
November .	545,851	764,0	69,568	23,9	46,409	28,7
December .	270,524	188,1	152,357	46,2	48,721	25,3
Januar	52,201	4,5	61,057	15,1	19,313	8,3
Februar . . .	53,228	5,5	100,245	32,8	9,632	4,1
März	375,215	45,0	106,717	39,2	26,689	16,8
April	392,697	71,9	27,798	5,6	7,345	3,1
Mai	521,412	124,3	20,197	1,7	7,679	2,4
Juni	11 157,037	2 906,4	12,512	1,5	8,193	3,1
Juli	1 672,908	273,2	8,487	0,6	4,830	1,3
August . . .	2 229,914	1 955,5	7,466	0,4	3,530	0,6
September .	—	—	6,643	0,5	6,071	1,1
October . . .	—	—	4,590	0,3	3,935	0,7
Summa . . .	—	17 722,8	—	168,7	—	95,6

Durance bei Mérindol. Die Durance, ein Nebenfluss der Rhône, führt eine jährliche Schlammmasse von 17 723 321 t à 1000 kg = 11 077 071 cbm.

Ganges (nach Everest 1831 und 1832). In der Regenzeit beträgt die Wassermenge pro Secunde 14 120 cbm; im Cubikmeter sind 1,943 kg Schlamm enthalten, mithin in einem Monate der Regenperiode 7 132 000 t. Die Jahresmenge des Schlammes beträgt 42 062 050 t.

Nil bei Kairo (nach Letheby). Die folgenden Untersuchungen sind bei verschiedenen Wasserständen ausgeführt und zwar bei dem niedrigsten Wasser im Juni und in den verschiedenen Zeiten des Hochwassers im Jahre 1874:

	Inhalt in 100 000 Theilen.	8. Juni.	0. Juli.	12. August.	20. Septbr.	12. Octbr.
	Ammoniak als Salze	0,0057	0,0129	0,0043	0,0100	0,0171
	Ammoniak in organischer Verbindung	0,0114	0,0100	0,0071	0,0171	0,0143
Gelöste Stoffe.	Kalk	4,167	3,992	4,422	4,260	2,309
	Magnesia	1,623	5,113	1,030	0,617	0,483
	Natron	1,201	0,744	0,587	0,301	0,504
	Kali	2,475	1,062	1,501	4,120	2,348
	Chlor	1,643	0,851	0,628	0,209	0,491
	Schwefelsäure	2,808	2,838	1,837	1,996	1,908
	Phosphorsäure . . .	Spuren	. . . .	. . . .	. . . .	Spuren
	Salpetersäure	Spuren	. . . .	. . . .	. . . .	Spuren
	Thonerde u. Eisenoxyd	0,701	0,713	1,129	1,257	1,843
	Organische Substanz .	1,500	1,057	1,186	1,929	2,414
	Kohlensäure u. Verlust	4,182	3,616	4,281	4,754	3,557
	Gesammtrückstand	20,300	16,386	16,601	19,443	15,857
Suspendirte Stoffe.	Organische	0,829	9,114	18,414	5,914	4,586
	Mineralstoffe	6,086	8,729	130,743	48,343	33,214
	Summe d. suspendirten Stoffe	6,915	17,843	149,157	54,257	37,800

Die Zusammensetzung des Schlickes war im Mittel der angeführten Proben folgende:

Organische Substanz	14,61
Phosphorsäure	1,78
Schwefelsäure	Spuren
Chlor	Spuren
Kalk	2,06
Magnesia	1,12
Kali	1,82
Natron	0,91
Thonerde	6,18
Eisenoxyd	15,15
Kieselsäure	55,09
Kohlensäure und Verlust	1,28
Zusammen:	100,00.

Von besonderem Interesse sind die nachfolgenden Angaben von Breitenlohner über die Schlammmenge der Rienz bei Brunek in Tirol während des Hochwassers im September 1882; die angegebenen Ziffern repräsentiren die höchsten bisher beobachteten Sinkstoffmengen:

Hochwasser der Rienz bei Bruneck in Tirol im Jahre 1882.

September.	Schlammmenge pro Cubikmeter Wasser. kg	September.	Schlammmenge pro Cubikmeter Wasser. kg
16	43,929	24	6,373
17	59,738	25	5,825
18	47,850	26	5,326
19	40,163	27	4,069
20	12,386	28	2,836
21	12,343	29	2,817
22	10,164	30	2,280
23	7,928		

Maximum der Schlammmenge.

16. September	57,382
17. "	75,544
18. "	56,028
19. "	46,649

Nach einer überschläglichen Berechnung passirten in der Zeit vom 16. bis 30. September 1882 400 Millionen cbm Wasser mit 8570 Millionen kg Schlamm das Profil bei der Reichsstrassenbrücke in Bruneck.

Noch bedeutender war die Schlammführung einiger kleiner Bäche bei Bruneck und zwar führte der Lorenzenbach am 17. September 1882 145,107 kg, der Krischachbach 104,926 kg pro Cubikmeter Wasser.

b. Die künstlichen Wasserläufe.

Unter künstlichen Wasserläufen sind diejenigen durch Menschenhand oder Maschinen hergestellten offenen Gerinne zu verstehen, welche zur Leitung des Wassers für die Zwecke der Schifffahrt, für Triebwerksanlagen, für die Versorgung von Städten mit Nutz- und Trinkwasser, für Ent- und Bewässerungen dienen. Auch bei der Correction von natürlichen Wasserläufen mittelst Durchstiche oder Canalisirung kommen streckenweise künstliche Wasserläufe in Anwendung. In Nachfolgendem handelt es sich nur um diejenigen künstlichen Wasserläufe, welche den Zwecken der Ent- und Bewässerung dienen.

Die künstlichen Wasserläufe werden mit dem Namen Canäle, Gräben und Rinnen oder Grippen bezeichnet. Unter ersteren versteht man in der Regel diejenigen offenen Leitungen, welche in grossen Dimensionen ausgeführt sind und speciell zur Schifffahrt, für Triebwerksanlagen und zur Wasserleitung für ausgedehntere Meliorationsanlagen dienen; Gräben und Rinnen sind Leitungen in geringeren Abmessungen.

Die Tiefe der Gräben beträgt mindestens 0,30 m; Leitungen in geringerer Tiefe werden gewöhnlich als Rinnen bezeichnet.

Man unterscheidet Canäle und Gräben, welche in dem natürlichen Erdreiche ausgehoben sind und ohne weitere Sicherung der Ufer und Sohle functioniren und solche, welche eine künstliche Bekleidung mit Holz oder Steinen erhalten. Letztere führen auch häufig den Namen Gerinne. Von diesen sowie von den unterirdischen Canalleitungen wird weiter unten gesprochen werden.

Querprofil. Bei der Anlage eines Canales oder Grabens handelt es sich zunächst um die Feststellung des angemessensten Profiles mit Rücksicht darauf, dass die Leitung eine möglichst gesicherte sei, dass also weder durch den Erddruck noch durch die lebendige Kraft des Wassers Beschädigungen der Wandungen und der Sohle des Grabens stattfinden; ferner, dass die Bewegung des Wassers mit den möglich geringsten Reibungswiderständen erfolge und endlich, dass in dem Graben kein Absetzen etwaiger fester, mit dem Wasser mitgeführter Sinkstoffe stattfinde.

Um die Widerstände, welche sich dem in einem Graben fliessenden Wasser entgegensetzen, auf das mögliche Minimum zu bringen, muss das Verhältniss des vom Wasser benetzten Umfanges zu dem Querschnitte des Grabens so klein wie möglich oder umgekehrt, der Querschnitt muss bei gegebenem Umfange ein Maximum sein. Danach wäre theoretisch der halbkreisförmige Querschnitt, nach ihm eine regelmässige Figur mit möglichst vielen Seitenflächen, z. B. das halbe Achteck und Sechseck, am vortheilhaftesten; bei diesen wird jedoch die zuerst angeführte Bedingung der gesicherten Grabenwände nicht oder nur bei besonders widerstandsfähigen Bodenarten erfüllt. Um dieser in bester Weise gerecht zu werden, profilirt man den Graben mit einer horizontalen Sohle und zwei Seitenwänden, welche mit Rücksicht auf die Beschaffenheit des Materials, in dem sie erstellt werden, abgeböscht sind. Damit die Seitenwände eines Grabens sich selbst mit Sicherheit halten, ohne dass in Folge des Erddruckes ein Einstürzen stattfinde, muss der Winkel, welchen die Sohle mit der Seitenwandung bildet, stets kleiner sein als der Böschungswinkel des betreffenden Materials. Derselbe beträgt

für nassen Sand, Quellsand . . .	24	Grad,
„ nasse Gartenerde	27	„
„ trockenen Sand	32	„
„ Kiesel- und kleine Steine . . .	36	„
„ Lehm	40	„
„ Thon	41	„
„ sehr dichte Erde	55	„

In der Regel bezeichnet man die Böschung eines Grabens durch das Verhältniss $\frac{c}{t}$, gleich der Cotangente des Böschungswinkels a (Fig. 2). Man spricht von Gräben mit einfacher, ein und einhalbfacher, zwei-

facher u. s. w. Böschung und versteht darunter solche Gräben, bei welchen die Ausladung c gleich 1, 1,5, 2 u. s. w. t ist.

Der Querschnitt eines Grabens wird stets nach der zu fördernden Wassermenge und der dem Gefälle sowie dem Zustande des benetzten Umfanges entsprechenden Geschwindigkeit zu bestimmen sein, da das Product aus dem Querschnitte und der Geschwindigkeit gleich der Wassermenge ist. Bezeichnet b die Sohlenbreite, so ist

$$A = t\,(b + c) = t\,(b + t\ cotg\ \alpha).$$

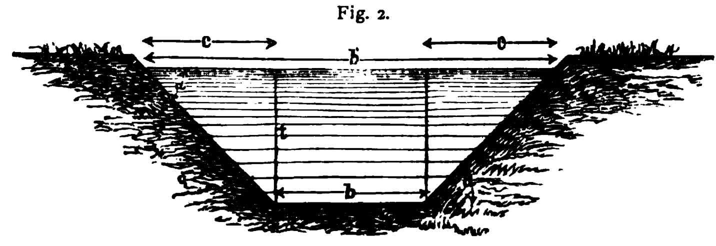
Ferner ist die untere Breite

$$b = \frac{A}{t} - t\ cotg\ \alpha.$$

Die obere Breite des Grabens ergiebt sich

$$b^1 = \frac{A}{t} + t\ cotg\ \alpha.$$

Fig. 2.



Grabenprofil.

Das vortheilhafteste Querprofil, bei gegebenen Inhalte und Böschungswinkel, d. h. dasjenige Profil, dessen vom Wasser benetzter Umfang ein Minimum ist, ergiebt sich aus der folgenden Beziehung für die Tiefe des Grabens*):

$$t = \sqrt{\frac{A\ sin\ \alpha}{2 - cos\ \alpha}}.$$

Hiernach lassen sich die Abmessungen des am zweckmässigsten profilirten Grabens bestimmen, wenn der Querschnitt und der Böschungswinkel gegeben sind. Ersterer hängt ab von der zu fördernden Wassermenge Q und der Geschwindigkeit v derselben und zwar ist

$$A = \frac{Q}{v}.$$

Beispiel: Ein Graben soll pro Secunde 2 cbm Wasser mit einer mittleren Geschwindigkeit von 0,6 m abführen und es wird der Böschungswinkel, ent-

*) Die Entwicklung der dieser Bedingung entsprechenden Formel ist ausführlich in Weisbach's Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, Bd. I, S. 1112 gegeben.

sprechend der Beschaffenheit des Erdreiches, gleich 40 Grad angenommen. Es ergiebt sich:

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{2}{0,6} = 3,3 \text{ qm},$$

$$t = \sqrt{\frac{3,33 \, . \, 0,643}{2 \quad - 0,766}} = 1,317 \text{ m}$$

und die untere Breite

$$b = \frac{3,3}{1,317} - 1,317 \, . \, 1,19 = 0,96 \text{ m}.$$

Die Ausladung des Grabens ergiebt sich

$$c = t \; cotg \; a = 1,317 \, . \, 1,19 = 1,57 \text{ m}$$

und die obere Breite

$$b^1 = \frac{3,3}{1,317} + 1,317 \, . \, 1,19 = 4,10 \text{ m}.$$

Zur bequemen Benutzung dieser Formeln für die Bestimmung der vortheilhaftesten Grabendimensionen giebt Weisbach (a. a. O. Seite 1114) folgende Tabelle über die Querprofile der Gräben:

Böschungswinkel α.	Relative Böschung $\frac{c}{t} = cotg\ \alpha$.	Abmessungen der Querprofile.				Verhältniss des benetzten Umfanges zum Querschnitte. $\frac{p}{A}$
		Tiefe t.	Untere Breite b.	Absolute Böschung $c = t\ cotg\ \alpha$.	Obere Breite $b^1 = b + 2\ t\ cotg\ \alpha$.	
90°	0	$0,707\sqrt{A}$	$1,414\sqrt{A}$	0	$1,414\sqrt{A}$	$\frac{2,828}{\sqrt{A}}$
60°	0,577	$0,760\sqrt{A}$	$0,877\sqrt{A}$	$0,439\sqrt{A}$	$1,755\sqrt{A}$	$\frac{2,632}{\sqrt{A}}$
45°	1,000	$0,740\sqrt{A}$	$0,613\sqrt{A}$	$0,740\sqrt{A}$	$2,092\sqrt{A}$	$\frac{2,704}{\sqrt{A}}$
40°	1,192	$0,722\sqrt{A}$	$0,525\sqrt{A}$	$0,860\sqrt{A}$	$2,246\sqrt{A}$	$\frac{2,771}{\sqrt{A}}$
36° 52'	1,333	$0,707\sqrt{A}$	$0,471\sqrt{A}$	$0,943\sqrt{A}$	$2,357\sqrt{A}$	$\frac{2,828}{\sqrt{A}}$
35°	1,428	$0,697\sqrt{A}$	$0,439\sqrt{A}$	$0,995\sqrt{A}$	$2,430\sqrt{A}$	$\frac{2,870}{\sqrt{A}}$
30°	1,732	$0,664\sqrt{A}$	$0,356\sqrt{A}$	$1,150\sqrt{A}$	$2,656\sqrt{A}$	$\frac{3,012}{\sqrt{A}}$
26° 34'	2,000	$0,636\sqrt{A}$	$0,300\sqrt{A}$	$1,272\sqrt{A}$	$2,844\sqrt{A}$	$\frac{3,144}{\sqrt{A}}$

Das Verhältniss des benetzten Umfanges zum Querschnitte wird danach am kleinsten, also am günstigsten, wenn der Böschungswinkel 60 Grad beträgt, d. h. wenn das Grabenprofil ein halbes Sechseck ist; in der Praxis wird man jedoch zumeist, wenn keine künstliche Befestigung der Grabenwände stattfindet, einen kleineren Böschungswinkel zu wählen haben.

Beispiel zur Benutzung vorstehender Tabelle. Welche Abmessungen erhält am vortheilhaftesten ein Grabenprofil von 9 qm Querschnitt bei zweifacher Böschung?

Es ist

$$\alpha = 26^\circ\ 34',$$
$$t = 0{,}636\ .\ 3 = 1{,}908\ \text{m},$$
$$b = 0{,}3\ .\ 3 = 0{,}9\ \text{m},$$
$$c = 1{,}272\ .\ 3 = 3{,}816\ \text{m},$$
$$b^1 = 2{,}844\ .\ 3 = 8{,}532\ \text{m}.$$

Abweichungen von dem vortheilhaftesten Profile. Es kommen in der Praxis sehr häufig Fälle vor, in denen man genöthigt ist, von den hier aufgeführten Abmessungen der Gräben Abstand zu nehmen, z. B. wenn wegen Mangel an Vorfluth einem Entwässerungsgraben nur eine sehr flache Lage gegeben werden kann, oder wenn ein Bewässerungscanal mit zulässig geringstem Gefälle zu traciren ist, um ein möglichst grosses Terrain zu beherrschen. In diesem Falle muss das erforderliche Profil durch entsprechende Verbreiterung der Sohle beschafft werden. Auch ist man zuweilen genöthigt, Gräben und Canäle in geringerer Breite auszuheben, als dem vortheilhaftesten Profile entspricht, z. B. in dem Falle, dass der Grunderwerb sehr kostspielig ist oder dass Gräben durch Ortschaften zu führen sind, in welchem Falle man häufig sehr steile, selbst rechtwinklige Grabenwände anwenden muss. Man sichert die Wandungen alsdann durch Bohlenwände oder Futtermauern. Bei Schifffahrtscanälen wird die Breite nach den Abmessungen der auf denselben verkehrenden Fahrzeuge bestimmt. Immerhin empfiehlt es sich aber, nicht zu beträchtlich von den durch die Formeln bestimmten Dimensionen abzuweichen, da anderenfalls die Widerstände bei der Bewegung des Wassers sich vermehren und die Leitungsfähigkeit des Grabens in dem Masse abnimmt, wie das Verhältniss des benetzten Umfanges zum Querschnitte grösser wird.

Kleine Rinnen, welche zum Zwecke der Bewässerung das Wasser an der Seitenkante überschlagen lassen oder das abrieselnde Wasser aufnehmen, werden vielfach mit verticalen Seitenwänden ausgeführt, da bei den geringen Dimensionen der Erddruck, welcher zu einem Einstürzen Veranlassung geben könnte, nur äusserst klein ist, auch gewöhnlich eine Befestigung der Grabenwände durch Rasen erfolgt. Das halbe Quadrat wäre hier der geeignetste Querschnitt; jedoch empfiehlt es sich, diese Rinnen etwas tiefer zu erstellen als gleich der halben Breite, da sie sonst leicht zuwachsen und so ihr Profil zu stark verengt wird. Ist das Erdreich nicht sehr sicher, so erhalten auch diese Rinnen eine, freilich immer sehr steile Böschung von 75 bis 80 Grad.

Bei besonders tiefen Gräben werden die Seitenwandungen in der Mitte abgesetzt, wodurch das sog. Doppelprofil (Fig. 3) entsteht. Hierdurch wird der Erddruck des oberen Theiles von dem hervorstehenden unteren Theile abgefangen, so dass die Wandungen eine grössere Stabilität

len von über 2 m Tiefe ist

nd aufgedämmte (ver-
dem Terrain eingelassen,

ben.

(Fig. 4). Es wird stets von
em Zwecke des Grabens ab-
anzuwenden ist. Principiell
orzug, da seine Herstellung
n Grabens, welcher letzterer
kann. Aufgedämmte Gräben
lie Trace ein schluchtartiges



Terrain passirt oder bei Bewässerungsgräben, welche das anliegende Terrain vollständig beherrschen müssen. Oft ist jedoch auch die Möglichkeit gegeben, Bewässerungsgräben einzuschneiden, namentlich in coupirtem Terrain, oder wenigstens die Mitte zwischen dem eingeschnittenen und aufgedämmten Graben zu wählen, d. h. den schwach eingeschnittenen Graben mit kleinen Seitendämmen einzufassen. Es entsteht so der halb eingeschnittene Graben (Fig. 5). Entwässerungsgräben werden stets eingeschnitten, da sie, um wirksam zu functioniren, eine tiefere Lage erhalten müssen als das angrenzende, trocken zu legende Terrain.

Die Geschwindigkeit des Wassers in einem Graben hängt von dem Gefälle, dem Grabenprofile und den Widerständen ab, welche sich der Bewegung des Wassers entgegenstellen. Kleine Gräben und Rinnen, welche das Wasser unmittelbar den zu bewässernden Flächen zuführen oder zur Ableitung des Wassers dienen, dürfen ein ziemlich starkes Gefälle erhalten, da bei denselben leicht hinlängliche Schutzmittel zur Erhaltung des Grabenprofiles, wie Rasendeckung, Faschinen, Pflasterung u. s. w. angewendet werden können. Anders verhält es sich jedoch bei Gräben und Canälen in grossen Dimensionen, bei denen künstliche Sicherungen die Kosten der Anlage zu sehr erhöhen würden, weshalb solche nur in Ausnahmefällen angewendet werden. Es darf demnach bei diesen eine gewisse, von der Natur des Bodens, in welchem der Graben erstellt wird, abhängige Geschwindigkeit nicht überschritten werden, wenn die gute Erhaltung der Sohle und Seitenwände gesichert sein soll. Dieselbe ist in nachfolgender Uebersicht angegeben:

Tabelle über die zulässig grösste Wassergeschwindigkeit in Canälen und Gräben.

Bodenbeschaffenheit	Secundliche Geschwindigkeit		
	An der Oberfläche m	Mittlere m	An der Sohle m
Schlammiger Boden	0,15	0,11	0,08
Thonboden	0,30	0,23	0,16
Sandboden	0,60	0,46	0,31
Kiesboden	1,22	0,96	0,70
Grobsteiniger Boden	1,52	1,23	0,94
Boden von Conglomerat oder Schiefergestein	2,22	1,86	1,49
Boden von geschichtetem Gestein	2,75	2,27	1,82
Harter Felsboden	4,27	3,70	3,16

Die geringste Geschwindigkeit, welche man einem künstlichen Wasserlaufe geben darf, hängt von dem Gehalte des Wassers an Sinkstoffen ab. Oft ist dasselbe durch Filtration im Boden fast vollkommen frei von mechanisch beigemengten Stoffen, z. B. das durch künstliche Trockenlegung dem Boden entzogene Wasser; in diesem Falle kann die Geschwindigkeit

ohne Bedenken bis an die äusserste Grenze reducirt werden und gilt bei Projectirung des Grabens allein die Rücksicht, dass die hinlängliche Wassermenge überhaupt zum Abflusse gelange. Wenn dagegen das Wasser mechanisch beigemengte Stoffe mit sich führt, welche sich bei zu geringer Geschwindigkeit absetzen würden und so zu Verschlammungen und Versandungen Veranlassung geben könnten, so muss diese Gefahr durch eine angemessene Geschwindigkeit des Wassers verhütet werden. In diesem Falle, welcher am ehesten eintritt, wenn das einem Bache oder Flusse entnommene Wasser in einen Bewässerungscanal geleitet wird, muss die Minimalgeschwindigkeit betragen:

wenn das Wasser leichten Schlamm mit sich führt 0,20 m pro Secunde,
wenn das Absetzen von Sand zu befürchten ist 0,45 „ „ „

Längenprofil. Canäle und Gräben erhalten entweder ein stetiges, wenn auch je nach der Terraingestaltung wechselndes Gefälle, oder sie werden in einzelne Haltungen getheilt. Letzteres ist stets der Fall bei Verbindungscanälen, d. h. Schifffahrtscanälen, welche eine Wasserscheide übersteigen und zwischen je zwei Haltungen mit Kammerschleusen zum Heben und Senken der Schiffsgefässe ausgerüstet sind. Das Gefälle ist in den einzelnen Haltungen nahezu oder vollständig aufgehoben. In gleicher Weise werden canalisirte Flussstrecken in Haltungen eingetheilt, welche zumeist durch Nadelwehre (vgl. Abschnitt II, D 5) getrennt sind. Canäle für Be- und Entwässerung werden zuweilen gleichfalls in einzelne Haltungen mit geringerem als dem durch den natürlichen Terrainfall bedingten Gefälle zerlegt und alsdann zwischen den Haltungen mit Stauschleusen ausgerüstet. In diesem Falle ist die Möglichkeit gegeben, einen Canal gemeinschaftlich für Be- und Entwässerung zu verwenden. Die Zurückleitung des Wassers bezw. die Aufnahme überschüssigen Wassers aus dem Terrain erfolgt in der unter dem letzteren gelegenen Haltung. Auch wenn der Canal oder Graben nur der Bewässerung oder der Entwässerung dient, so wird eine Theilung desselben in einzelne Haltungen erforderlich, sobald aus dem der Terrainlage entsprechenden natürlichen Gefälle eine zu beträchtliche Geschwindigkeit des Wasser resultiren würde. So wird das Gefälle an einzelnen Punkten concentrirt, welche ohne erhebliche Schwierigkeiten und Kosten gesichert werden können. In kleineren Gräben genügt zu diesem Zwecke häufig das Einlegen von hölzernen oder steinernen Schwellen und Abpflasterung des Sturzbettes. Die Berechnung der Geschwindigkeit erfolgt nach den in dem folgenden Abschnitte gegebenen Formeln.

Wasserverlust durch Verdunstung und Filtration. Bei der Anlage ausgedehnter Bewässerungscanäle darf der unvermeidliche Wasserverlust nicht ausser Betracht gelassen werden, welcher durch Verdunstung und Filtration in den Untergrund entsteht. Der Verlust durch Verdunstung spielt namentlich dann eine erhebliche Rolle, wenn das Wasser gerade in derjenigen Zeit, in welcher diese am stärksten ist, benutzt werden soll. In unserem Klima können täglich nach dem

Monatsmittel der heissesten Monate 3 mm Wasser verdunsten; es muss jedoch, namentlich wenn das Wasser zur Anfeuchtung in der Dürreperiode benutzt werden soll, auf die absolut stärkste Verdunstung an den heissesten Tagen Rücksicht genommen werden und zwar zu einer Zeit, in welcher diejenigen Factoren, welche die Verdunstung beeinflussen, wie z. B. die Windstärke und der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, dieser am günstigsten sind. In diesem Falle werden von einer Wasserfläche pro Tag etwa 4 mm verdunstet (von einer mit Gras bewachsenen Fläche festen Landes noch erheblich mehr). Bezeichnet demnach l die Länge des Canales und b die Breite desselben, so ist die Menge des Wassers, welche in 24 Stunden verdunstet, demnach bei der Bestimmung des zur Benutzung disponiblen Wassers in Abzug gebracht werden muss,

$$0{,}004\ b\ l \text{ cbm.}$$

Der Wasserverlust, welchen ein Canal durch Filtration erleidet, ist in vielen Fällen weit erheblicher als der Verlust durch Verdunstung. Leider lässt sich derselbe nicht in bestimmten Zahlen ausdrücken, oft nicht einmal annähernd schätzen, sondern die Erfahrung und namentlich Wasserstandsmessungen können diese Frage für jeden speciellen Fall erst mit Sicherheit beantworten. Die Filtration ist hauptsächlich abhängig von der Beschaffenheit des Bodens und von der Höhendifferenz zwischen dem Wasserspiegel des Canales und dem des Grundwassers. Je höher das Wasser über dem Niveau des Grundwassers steht, desto grösser ist der Druck, mit welchem es durch den Boden getrieben wird; je mehr Zwischenräume ferner in dem Boden des Canales vorhanden sind, um so grösser ist unter sonst gleichen Verhältnissen der Wasserverlust. In festem Thonboden ist letzterer sehr unbedeutend; je mehr Sandtheilchen der Boden enthält, um so leichter dringt das Wasser hindurch. In feinem Sande ist die Filtration schon sehr bedeutend, am stärksten ist dieselbe aber in grobkörnigem Sande, Schotter und klüftigem Gesteine. In letzterem ist die Erstellung eines Canales oft nur in dem Falle zulässig, dass die Sohle und Seitenwandungen künstlich, am besten mittelst Betonschüttung (siehe den folgenden Abschnitt) gedichtet werden, weil anderenfalls das ganze in den Canal eingeleitete Wasserquantum in den Untergrund versinken würde.

Hagen führt mehrere Beispiele von ausserordentlich starken Wasserverlusten einiger Canäle, zumeist Schiffahrtscanäle, an. Eine Strecke des Canales St. Quentin, in klüftigem Kalke ausgeführt, verlor noch, nachdem es gelungen, die Abflüsse beträchtlich zu mässigen, das Wasser derartig stark, dass bei ununterbrochener Speisung der Wasserstand sich täglich um nahezu 1,25 m senkte. Der Seitencanal, welcher bei Hüningen den Rhein-Rhône Canal mit dem Rhein in Verbindung setzt, dessen Untergrund aus grobem Rheinkies besteht, verlor nach einer Mittheilung Hagen's in der ersten Zeit an einem Tage so viel Wasser durch Filtration, dass der ganze Inhalt des Canales fünf und dreissig mal erneut werden musste, um den Verlust zu decken.

Es sei hier auch noch hervorgehoben, dass durch zahlreiche Maulwurfsgänge Verluste an Wasser entstehen können und dass beim Vor-

kommen derselben auch in gutem Boden ein starker Wasserverlust stattfinden kann.

Um einen ungefähren Anhalt über die Höhe des Wasserverlustes durch Filtration zu erlangen, mögen hier noch folgende Angaben Platz finden. Minard nimmt für guten Boden einen Verlust von 0,05 m in 24 Stunden an, demnach bei einer Länge l und Breite b des Canales 0,05 $b\,l$ cbm. Für Sandboden nehmen französische Ingenieure den Verlust in 120 Tagen gleich dem Rauminhalte des Canales an; es ergiebt dies, wenn a der Querschnitt und l die Länge desselben ist, 0,008 $a\,l$ cbm in 24 Stunden.

Man ersieht hieraus, dass selbst bei gutem Boden durch Filtration in der Regel ein erheblich grösserer Wasserverlust stattfindet als durch die Verdunstung in der heissesten Zeit.

c. Die Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen.

Man unterscheidet eine gleichförmige Bewegung des Wassers in einem Fluss- oder Canalbette und eine ungleichförmige. Gleichförmig heisst die Bewegung auf einer bestimmten Strecke, wenn die mittlere Geschwindigkeit in sämmtlichen Querprofilen derselben die nämliche bleibt. Es findet dieses statt, wenn die auf einander folgenden Querprofile eine gleiche Form sowie den nämlichen Flächeninhalt besitzen und eine gleiche Wassermenge dieselben in der Zeiteinheit passirt. Wird diese Bedingung nicht erfüllt, so ist die Bewegung eine ungleichförmige.

Die Gesetze, nach welchen die Bewegung des Wassers in einem Flusse oder Canale erfolgt, sollen die Beziehungen zwischen dem Profile, dem Gefälle und der Geschwindigkeit festsetzen. Einen erheblichen Einfluss auf die letztere übt das Material des benetzten Umfanges, da die Reibung der Wasserfaden an der Sohle und den Seitenwänden von diesem wesentlich abhängt und mit Erhöhung dieses Widerstandes die Geschwindigkeit verzögert wird.

Es wurde bereits erwähnt, dass die Geschwindigkeit der einzelnen Wasserfäden in einem Flussprofile keine gleichförmige ist, sondern dass dieselbe allmählig von dem Stromstriche nach der Sohle und den Seitenwandungen abnimmt. Bisher ist es noch nicht gelungen, ein bestimmtes Gesetz aufzufinden, welches diese Geschwindigkeitsabnahme ausdrückt; es ist sogar nach der grossen Zahl von vorliegenden practischen Messungen mit Sicherheit anzunehmen, dass es nicht möglich ist, durch ein allgemeines Gesetz die Abnahme der Geschwindigkeit vom Stromstriche aus nach allen Richtungen festzustellen. Die Formeln für die Bewegung des Wassers in offenen Läufen geben die mittlere Geschwindigkeit und können selbstverständlich nur dann auf Zuverlässigkeit Anspruch machen, wenn die in Rede stehende Geschwindigkeitsabnahme darin ihren Ausdruck gefunden hat.

1. Berechnung der Geschwindigkeit des Wassers.

In dem Nachfolgenden bezeichnet

v die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in einer Secunde,
a den Querschnitt des Flusses oder Canales,
p den benetzten Umfang,
$R = \frac{a}{p}$ den sogenannten mittleren Radius,
h das Gefälle auf die Länge l,
$J = \frac{h}{l}$ das relative Gefälle,
k eine Constante.

Alle Abmessungen sind in dem nämlichen Masse ausgedrückt und ist die Constante für Metermass bestimmt.

Formel von Eytelwein. Eytelwein stellte für die Geschwindigkeit des Wassers in Gräben die Formel auf:

$$v = k \sqrt{J R}$$

und bestimmte die Constante nach 90 Versuchen von Dubuat, Brünings, Bidone, Bonati, Funk und Woltmann = 50,9.

Mittelst dieser Formel wurden in früherer Zeit die meisten Berechnungen über die Bewegung des Wassers in Canälen angestellt, wobei sich jedoch vielfach erhebliche Abweichungen von den practischen Messungen ergaben, so dass man genöthigt war, für bestimmte Profile den Coëfficienten k zu ändern. In neuerer Zeit beschäftigten sich aber eine grosse Anzahl ausgezeichneter Hydrauliker mit der Frage, wie diese Formel derartig zu corrigiren sei, dass sie eine bessere Uebereinstimmung mit der Praxis zeige. Es kann in dieser vorwiegend für den practischen Gebrauch bestimmten Schrift nicht weiter auf diese wissenschaftlich noch keineswegs abgeschlossene Frage eingegangen werden, über welche in den unten angegebenen Werken*) das ausführlichste Material enthalten ist. In dem Folgenden werden die Formeln von Bazin sowie Ganguillet und Kutter besprochen werden, welche besonders für Gräben

---

*) Hagen, Handbuch der Wasserbaukunst, dritte Auflage, II. Theil, I. Band, Seite 311. Die entwickelte Formel lautet: $v = 2{,}425 \sqrt{R} \sqrt[6]{J}$.

Grebenau, Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen nach den auf Kosten der Vereinigten Staaten von Nordamerika vorgenommenen Untersuchungen des Mississippi-Stromes und dem Berichte Humphrey's und Abbot's.

Recherches hydrauliques entreprises par Darcy et Bazin; Paris 1865.

Kutter, W. R., Die neuen Formeln für die Bewegung des Wassers in Canälen und regelmässigen Flussstrecken, 2. Auflage; Wien 1877.

und Canäle in den bei landwirthschaftlichen Wasserbauten vorkommenden Abmessungen eine vorzügliche Uebereinstimmung mit den practischen Messungen geliefert haben.

Formel von Bazin. Die Bazin'sche Formel lautet:

$$\frac{RJ}{v^2} = \alpha + \frac{\beta}{R},$$

worin α und β zwei von dem Zustande der Sohle und der Seitenwände abhängige Constanten bedeuten. Die Werthe für α und β sind nach den angestellten Messungen:

Kategorie.	Material der Canalsohle und der Seitenwände.	α	β.
I.	Sehr ebene Wände: Glatt geputzter Cement, gehobelte Holzbekleidungen etc.	0,00015	0,0000045
II.	Ebene Wände: Behauene Steine, Bohlenwände, Mauerputz	0,00019	0,0000133
III.	Wenig ebene Wände: namentlich Mauerwerk	0,00024	0,000060
IV.	Erdwände	0,00028	0,000350
V.*)	Gewässer mit Geschieben . . .	0,00040	0,000700

Setzen wir

$$\alpha + \frac{\beta}{R} = k,$$

so lautet die Formel

$$\frac{RJ}{v^2} = k$$

oder

$$v = \frac{1}{\sqrt{k}} \sqrt{RJ} = k' \sqrt{RJ},$$

wodurch dieselbe die gleiche Anordnung erhält wie die Eytelwein'sche, jedoch mit dem Unterschiede, dass der Coëfficient k' abhängig wird von dem Material des benetzten Umfanges und dem mittleren Radius.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Werthe von k für die vier ersten Kategorien von Wandungen berechnet:

---

*) Die Kategorie V wurde von Kutter beigefügt.

A. Tabelle über die Werthe von $k = \frac{RJ}{v^2}$.

Werth von *R*.	Werth von *k* für Kategorie			
	I.	II.	III.	IV.
0,01	0,000 600	„	„	„
0,02	0,000 375	0,000 855	„	„
0,03	0,000 300	0,000 633	„	„
0,04	0,000 262	0,000 522	„	„
0,05	0,000 240	0,000 456	0,001 440	„
0,06	0,000 225	0,000 412	0,001 240	„
0,07	0,000 214	0,000 380	0,001 097	„
0,08	0,000 206	0,000 356	0,000 990	„
0,09	0,000 200	0,000 338	0,000 907	„
0,10	0,000 195	0,000 323	0,000 840	0,003 780
0,11	0,000 191	0,000 311	0,000 785	0,003 462
0,12	0,000 188	0,000 301	0,000 740	0,003 197
0,13	0,000 185	0,000 292	0,000 702	0,002 972
0,14	0,000 182	0,000 285	0,000 669	0,002 780
0,15	0,000 180	0,000 279	0,000 640	0,002 613
0,16	0,000 178	0,000 273	0,000 615	0,002 468
0,17	0,000 176	0,000 268	0,000 593	0,002 339
0,18	0,000 175	0,000 264	0,000 573	0,002 224
0,19	0,000 174	0,000 260	0,000 556	0,002 122
0,20	0,000 172	0,000 256	0,000 540	0,002 030
0,21	0,000 171	0,000 253	0,000 526	0,001 947
0,22	0,000 170	0,000 250	0,000 513	0,001 871
0,23	0,000 170	0,000 248	0,000 501	0,001 802
0,24	0,000 169	0,000 245	0,000 490	0,001 738
0,25	0,000 168	0,000 243	0,000 480	0,001 680
0,26	0,000 167	0,000 241	0,000 471	0,001 626
0,27	0,000 167	0,000 239	0,000 462	0,001 576
0,28	0,000 166	0,000 237	0,000 454	0,001 530
0,29	0,000 166	0,000 236	0,000 447	0,001 487
0,30	0,000 165	0,000 234	0,000 440	0,001 447
0,31	0,000 165	0,000 233	0,000 434	0,001 409
0,32	0,000 164	0,000 232	0,000 428	0,001 374
0,33	0,000 164	0,000 230	0,000 422	0,001 341
0,34	0,000 163	0,000 229	0,000 416	0,001 309
0,35	0,000 163	0,000 228	0,000 411	0,001 280
0,36	0,000 163	0,000 227	0,000 407	0,001 252
0,37	0,000 162	0,000 226	0,000 402	0,001 226
0,38	0,000 162	0,000 225	0,000 398	0,001 201
0,39	0,000 162	0,000 224	0,000 394	0,001 177
0,40	0,000 161	0,000 223	0,000 390	0,001 155
0,41	0,000 161	0,000 222	0,000 386	0,001 134
0,42	0,000 161	0,000 222	0,000 383	0,001 113
0,43	0,000 160	0,000 221	0,000 380	0,001 094

Werth von R.	Werth von k für Kategorie			
	I.	II.	III.	IV.
0,44	0,000 160	0,000 220	0,000 376	0,001 075
0,45	0,000 160	0,000 220	0,000 373	0,001 058
0,46	0,000 160	0,000 219	0,000 370	0,001 041
0,47	0,000 160	0,000 218	0,000 368	0,001 025
0,48	0,000 159	0,000 218	0,000 365	0,001 009
0,49	0,000 159	0,000 217	0,000 362	0,000 994
0,50	0,000 159	0,000 217	0,000 360	0,000 980
0,51	0,000 159	0,000 216	0,000 358	0,000 966
0,52	0,000 159	0,000 216	0,000 355	0,000 953
0,53	0,000 158	0,000 215	0,000 353	0,000 940
0,54	0,000 158	0,000 215	0,000 351	0,000 928
0,55	0,000 158	0,000 214	0,000 349	0,000 916
0,56	0,000 158	0,000 214	0,000 347	0,000 905
0,57	0,000 158	0,000 213	0,000 345	0,000 894
0,58	0,000 158	0,000 213	0,000 343	0,000 883
0,59	0,000 158	0,000 213	0,000 342	0,000 873
0,60	0,000 158	0,000 212	0,000 340	0,000 863
0,61	0,000 157	0,000 212	0,000 338	0,000 854
0,62	0,000 157	0,000 211	0,000 337	0,000 845
0,63	0,000 157	0,000 211	0,000 335	0,000 836
0,64	0,000 157	0,000 211	0,000 334	0,000 827
0,65	0,000 157	0,000 210	0,000 332	0,000 818
0,66	0,000 157	0,000 210	0,000 331	0,000 810
0,67	0,000 157	0,000 210	0,000 330	0,000 802
0,68	0,000 157	0,000 210	0,000 328	0,000 795
0,69	0,000 157	0,000 209	0,000 327	0,000 787
0,70	0,000 156	0,000 209	0,000 326	0,000 780
0,71	0,000 156	0,000 209	0,000 325	0,000 773
0,72	0,000 156	0,000 208	0,000 323	0,000 766
0,73	0,000 156	0,000 208	0,000 322	0,000 759
0,74	0,000 156	0,000 208	0,000 321	0,000 753
0,75	0,000 156	0,000 208	0,000 320	0,000 747
0,76	0,000 156	0,000 208	0,000 319	0,000 741
0,77	0,000 156	0,000 207	0,000 318	0,000 735
0,78	0,000 156	0,000 207	0,000 317	0,000 729
0,79	0,000 156	0,000 207	0,000 316	0,000 723
0,80	0,000 156	0,000 207	0,000 315	0,000 718
0,81	0,000 156	0,000 206	0,000 314	0,000 712
0,82	0,000 155	0,000 206	0,000 313	0,000 707
0,83	0,000 155	0,000 206	0,000 312	0,000 702
0,84	0,000 155	0,000 206	0,000 311	0,000 697
0,85	0,000 155	0,000 206	0,000 311	0,000 692
0,86	0,000 155	0,000 205	0,000 310	0,000 687
0,87	0,000 155	0,000 205	0,000 309	0,000 682
0,88	0,000 155	0,000 205	0,000 308	0,000 678

Werth von *R*.	Werth von *k* für Kategorie			
	I.	II.	III.	IV.
0,89	0,000 155	0,000 205	0,000 307	0,000 673
0,90	0,000 155	0,000 205	0,000 307	0,000 669
0,91	0,000 155	0,000 205	0,000 306	0,000 665
0,92	0,000 155	0,000 204	0,000 305	0,000 660
0,93	0,000 155	0,000 204	0,000 305	0,000 656
0,94	0,000 155	0,000 204	0,000 304	0,000 652
0,95	0,000 155	0,000 204	0,000 303	0,000 648
0,96	0,000 155	0,000 204	0,000 303	0,000 645
0,97	0,000 155	0,000 204	0,000 302	0,000 641
0,98	0,000 155	0,000 204	0,000 301	0,000 637
0,99	0,000 155	0,000 203	0,000 301	0,000 634
1,00	0,000 155	0,000 203	0,000 300	0,000 630
1,02	0,000 154	0,000 203	0,000 299	0,000 623
1,04	0,000 154	0,000 203	0,000 298	0,000 617
1,06	0,000 154	0,000 203	0,000 297	0,000 610
1,08	0,000 154	0,000 202	0,000 296	0,000 604
1,10	0,000 154	0,000 202	0,000 295	0,000 598
1,12	0,000 154	0,000 202	0,000 294	0,000 592
1,14	0,000 154	0,000 202	0,000 293	0,000 587
1,16	0,000 154	0,000 201	0,000 292	0,000 582
1,18	0,000 154	0,000 201	0,000 291	0,000 577
1,20	0,000 154	0,000 201	0,000 290	0,000 572
1,22	0,000 154	0,000 201	0,000 289	0,000 567
1,24	0,000 154	0,000 201	0,000 288	0,000 562
1,26	0,000 154	0,000 201	0,000 288	0,000 558
1,28	0,000 154	0,000 200	0,000 287	0,000 553
1,30	0,000 153	0,000 200	0,000 286	0,000 549
1,32	0,000 153	0,000 200	0,000 285	0,000 545
1,34	0,000 153	0,000 200	0,000 285	0,000 541
1,36	0,000 153	0,000 200	0,000 284	0,000 537
1,38	0,000 153	0,000 200	0,000 283	0,000 534
1,40	0,000 153	0,000 199	0,000 283	0,000 530
1,42	0,000 153	0,000 199	0,000 282	0,000 526
1,44	0,000 153	0,000 199	0,000 282	0,000 523
1,46	0,000 153	0,000 199	0,000 281	0,000 520
1,48	0,000 153	0,000 199	0,000 281	0,000 516
1,50	0,000 153	0,000 199	0,000 280	0,000 513
1,52	0,000 153	0,000 199	0,000 279	0,000 510
1,54	0,000 153	0,000 199	0,000 279	0,000 507
1,56	0,000 153	0,000 199	0,000 278	0,000 504
1,58	0,000 153	0,000 198	0,000 278	0,000 502
1,60	0,000 153	0,000 198	0,000 277	0,000 499
1,62	0,000 153	0,000 198	0,000 277	0,000 496
1,64	0,000 153	0,000 198	0,000 277	0,000 493
1,66	0,000 153	0,000 198	0,000 276	0,000 491

Werth von *R*.	Werth von *k* für Kategorie			
	I.	II	III.	IV.
1,68	0,000 153	0,000 198	0,000 276	0,000 488
1,70	0,000 153	0,000 198	0,000 275	0,000 486
1,72	0,000 153	0,000 198	0,000 275	0,000 483
1,74	0,000 153	0,000 198	0,000 274	0,000 481
1,76	0,000 153	0,000 198	0,000 274	0,000 479
1,78	0,000 153	0,000 197	0,000 274	0,000 477
1,80	0,000 153	0,000 197	0,000 273	0,000 474
1,82	0,000 152	0,000 197	0,000 273	0,000 472
1,84	0,000 152	0,000 197	0,000 273	0,000 470
1,86	0,000 152	0,000 197	0,000 272	0,000 468
1,88	0,000 152	0,000 197	0,000 272	0,000 466
1,90	0,000 152	0,000 197	0,000 272	0,000 464
1,92	0,000 152	0,000 197	0,000 271	0,000 462
1,94	0,000 152	0,000 197	0,000 271	0,000 460
1,96	0,000 152	0,000 197	0,000 271	0,000 459
1,98	0,000 152	0,000 197	0,000 270	0,000 457
2,00	0,000 152	0,000 197	0,000 270	0,000 455
2,10	0,000 152	0,000 196	0,000 269	0,000 447
2,20	0,000 152	0,000 196	0,000 267	0,000 439
2,30	0,000 152	0,000 196	0,000 266	0,000 432
2,40	0,000 152	0,000 196	0,000 265	0,000 426
2,50	0,000 152	0,000 195	0,000 264	0,000 420
2,60	0,000 152	0,000 195	0,000 263	0,000 415
2,70	0,000 152	0,000 195	0,000 262	0,000 410
2,80	0,000 152	0,000 195	0,000 261	0,000 405
2,90	0,000 152	0,000 195	0,000 261	0,000 401
3,00	0,000 152	0,000 194	0,000 260	0,000 397
3,10	0,000 151	0,000 194	0,000 259	0,000 393
3,20	0,000 151	0,000 194	0,000 259	0,000 389
3,30	0,000 151	0,000 194	0,000 258	0,000 386
3,40	0,000 151	0,000 194	0,000 258	0,000 383
3,50	0,000 151	0,000 194	0,000 257	0,000 380
3,60	0,000 151	0,000 194	0,000 257	0,000 377
3,70	0,000 151	0,000 194	0,000 256	0,000 375
3,80	0,000 151	0,000 194	0,000 256	0,000 372
3,90	0,000 151	0,000 193	0,000 255	0,000 370
4,00	0,000 151	0,000 193	0,000 255	0,000 368
4,25	0,000 151	0,000 193	0,000 254	0,000 362
4,50	0,000 151	0,000 193	0,000 253	0,000 358
4,75	0,000 151	0,000 193	0,000 253	0,000 354
5,00	0,000 151	0,000 193	0,000 252	0,000 350
5,25	0,000 151	0,000 193	0,000 251	0,000 347
5,50	0,000 151	0,000 192	0,000 251	0,000 344
5,75	0,000 151	0,000 192	0,000 250	0,000 341
6,00	0,000 151	0,000 192	0,000 250	0,000 338

Beispiel: 1) Es sei die mittlere Geschwindigkeit und das Wasserquantum eines Grabens zu bestimmen, dessen Sohlenbreite 5 m und dessen Wassertiefe 2 m beträgt. Derselbe ist in Erdwandungen mit einfacher Böschung erstellt und besitzt ein relatives Gefälle von 0,25 pro Mille oder 0,00025.

Es ist

$$a = 2\,(5 + 2) = 14 \text{ qm},$$
$$p = 5 + 2\sqrt{8} = 10{,}656 \text{ m},$$
$$R = \frac{a}{p} = \frac{14}{10{,}656} = 1{,}314.$$

Nach der vorstehenden Tabelle ist

$$k = 0{,}000\,547,$$
$$k' = \frac{1}{\sqrt{k}} = 42{,}77,$$

demnach

$$v = k'\sqrt{RJ} = 42{,}77\,\sqrt{1{,}314 \cdot 0{,}00025} = 0{,}77 \text{ m pro Secunde.}$$

Das Wasserquantum ist gleich dem Producte aus dem Querschnitte und der Geschwindigkeit, also

$$Q = 14 \cdot 0{,}77 = 10{,}78 \text{ cbm pro Secunde.}$$

2) Welches Gefälle erfordert ein Canal von 500 m Länge, 0,6 m unterer, 3 m oberer Breite und 1,2 m Tiefe zur Fortleitung einer Wassermenge von 1,7 cbm pro Secunde?

Es ist $a = 2{,}16$ qm, $p = 3{,}994$ m, mithin $R = \frac{a}{p} = 0{,}54$. Die Geschwindigkeit beträgt pro Secunde $\frac{1{,}7}{2{,}16} = 0{,}79$ m, der Coëfficient k nach der obigen Tabelle 0,000 928 (für Erdwände). Setzen wir diese Werthe in die Formel

$$h = \frac{k\,v^2\,l}{R}$$

ein, wo $l = 500$ zu nehmen ist, so ergiebt sich

$$h = \frac{0{,}000\,928 \cdot 0{,}79 \cdot 0{,}79 \cdot 500}{0{,}54} = 0{,}53 \text{ m.}$$

Da die Coëfficienten k in dem vorliegenden Falle für die Kategorien I, II und III bezw. 0,000 158, 0,000 215 und 0,000 351 betragen, so ergeben sich für Canäle in den verschiedenen Ausführungen die Gefälle bei

Kategorie I: $h = 0{,}09$ m,
„ II: $h = 0{,}12$ „
„ III: $h = 0{,}20$ „
„ IV: $h = 0{,}53$ „.

Formel von Ganguillet und Kutter. Dieselbe lautet:

$$v = \left(\alpha - \frac{\alpha\,\beta}{\sqrt{R} + \beta}\right)\sqrt{RJ}$$

oder, wenn

$$\alpha - \frac{\alpha\,\beta}{\sqrt{R} + \beta} = k$$

gesetzt wird,

$$v = k\sqrt{RJ}.$$

Der Werth von α wird constant = 100 gesetzt, während β für 12 verschiedene Kategorien bestimmt wurde. Zu diesem Zwecke wurde die 12. nach den Messresultaten bei grobes Geschiebe führenden Gewässern bestimmt und die 10 Werthe für β zwischen dem 1. und 12. gleichmässig vertheilt. Es ergiebt sich alsdann für

Kategorie	β	k
I.	0,12	$100 - \frac{12}{\sqrt{R} + 0{,}12}$
II.	0,15	$100 - \frac{15}{\sqrt{R} + 0{,}15}$
III.	0,20	$100 - \frac{20}{\sqrt{R} + 0{,}20}$
IV.	0,27	$100 - \frac{27}{\sqrt{R} + 0{,}27}$
V.	0,35	$100 - \frac{35}{\sqrt{R} + 0{,}35}$
VI.	0,45	$100 - \frac{45}{\sqrt{R} + 0{,}45}$
VII.	0,56	$100 - \frac{56}{\sqrt{R} + 0{,}56}$
VIII.	0,72	$100 - \frac{72}{\sqrt{R} + 0{,}72}$
IX.	0,93	$100 - \frac{93}{\sqrt{R} + 0{,}93}$
X.	1,22	$100 - \frac{122}{\sqrt{R} + 1{,}22}$
XI.	1,67	$100 - \frac{167}{\sqrt{R} + 1{,}67}$
XII.	2,44	$100 - \frac{244}{\sqrt{R} + 2{,}44}$

Die folgende Tabelle giebt die Coëfficienten für 12 Kategorien von Canalwänden; der Rauchigkeitsgrad ergiebt sich aus der beigefügten Beschreibung:

Kategorie	Form des Gerinnes	Beschaffenheit der Sohle und Wandungen des Canales	β
I.	halbkreisförmig	Reiner, glatter Cement	0,12
II.	rechtwinklig	Reiner Cement, sehr sorgfältig gehobeltes Holz	0,15
III.	„	Gut gefügte Bretter	0,20

Kategorie	Form des Gerinnes	Beschaffenheit der Sohle und Wandungen des Canales	β
IV.	rechtwinklig	Gewöhnliche rauhe Bretter, sorgfältig hergestelltes Backstein- und rein gearbeitetes Quadermauerwerk	0,25
V.	„	Ordinäres Backsteinmauerwerk und Bohlenwände	0,35
VI.	„	Gewöhnliches Mörtelmauerwerk von gespitzten Steinen	0,45
VII.	„	Bestochenes Bruchsteinmauerwerk, Sohle etwas mit Schlamm bedeckt	0,55
VIII.	„	Rauhmauerwerk mit schlammiger Sohle . .	0,75
IX.	„	Aelteres Mauerwerk, moos- und pflanzenfrei, mit schlammiger Sohle	1,00
X.	trapezförmig	Felsboden, Sohle unter 1,5 m breit, wenig Wasserpflanzen	1,25
	„	Sehr regelmässig, sauber ausgeführter Erdcanal ohne Pflanzen	1,50
XI.	„	Erdcanal, Sohle über 2 m breit, schlammig oder steinig, wenig Wasserpflanzen . . .	1,75
	„	Mangelhaft erhaltenes, mit Moos und Pflanzen bedecktes Trockenmauerwerk und schlammiger Sohle, letztere nicht über 1,5 m breit	2,00
	„	Erdcanal mit ziemlich vielen Wasserpflanzen, Sohle nicht über 1,5 m breit	2,00
XII.	„	Erdcanal mit vielen Wasserpflanzen, schlecht unterhalten mit schlammiger Sohle unter 1,5 m breit	2,50

Die Werthe von k in der Ganguillet-Kutter'schen Formel bestimmen sich aus den obigen Zusammenstellungen sehr leicht; trotzdem empfiehlt sich für Jeden, der häufig Berechnungen von Wassergeschwindigkeit und Wassermengen auszuführen hat, die Benutzung der für verschiedene Werthe von R und die aufgeführten 12 Kategorien publicirten Tabellen*), aus denen die Werthe sofort ermittelt werden können.

Es ist übrigens zu bemerken, dass die beiden hier dargestellten Formeln, die Bazin'sche und diejenige von Ganguillet und Kutter, fast genau die gleichen Resultate geben, so lange R kleiner als 6 m ist, mithin für alle beim landwirthschaftlichen Wasserbau vorkommende Fälle.

*) Kutter, Die neuen Formeln für die Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit in Canälen und Flüssen, Cultur-Ingenieur, Band II, Seite 154, 327, Band III, Seite 224. Braunschweig 1869—1871. Auch im Separatabdrucke erschienen.

2. Die Vermessung der Flussprofile.

Um die Wassermenge, welche durch einen Fluss oder Canal strömt, zu messen oder zu berechnen, ist eine Aufnahme des Querprofiles sowie zur Ermittlung des Gefälles auch die des Längenprofiles erforderlich. Oft ist es nothwendig, eine Reihe auf einander folgender Querprofile und die dazwischen liegende Strecke des Längenprofiles zu vermessen, namentlich, wenn Veränderungen in beiden, dem Querschnitte und dem Gefälle, eintreten. Derartige Messungen müssen stets bei constantem Wasserstande angestellt werden, weil Veränderungen in demselben während der Messung zu irrthümlichen Resultaten Veranlassung geben; oder es muss unter Beobachtung der Wasserstandsveränderungen die Messung auf einen festgesetzten Normalwasserstand reducirt werden.

Messung des Wasserstandes. Zur Beobachtung des Wasserstandswechsels dienen die Pegel, d. h. Massstäbe, welche an möglichst geschützten Stellen an den Ufern des Wasserlaufes oder an anderen geeigneten, vom Ufer gut sichtbaren Stellen, z. B. Brückenpfeilern oder Schleusen, angebracht werden. Dieselben sind mit einer Theilung in dem landesüblichen Masse versehen, welche möglichst deutlich sein muss, um Irrthümer in der Ablesung zu verhüten. Die Eintheilung erfolgt von unten nach oben, so dass mit erhöhtem Wasserstande eine höhere Ziffer markirt wird. Den Nullpunkt legt man bei neu aufzustellenden Pegeln am passendsten im Niveau des oder etwas unter dem erfahrungsmässig kleinsten Wasser, damit alle Wasserstandsablesungen positive Zahlen werden. Die übereinstimmende Lage der Nullpunkte mehrerer in dem nämlichen Stromlaufe angebrachter Pegel ist nicht erforderlich. Der Wasserstand ändert sich niemals auf grösseren Strecken ganz gleichmässig und würden selbst die Nullpunkte bei späterer Ausführung von Flussbauten und Correctionen des Flusslaufes Veränderungen erleiden. Es ist aber erforderlich, den Nullpunkt eines jeden Pegels mit Fixpunkten des festen Bodens und diejenigen besonders wichtigen Pegel mit dem Pegelnullpunkte des Meeresspiegels nivellistisch zu verbinden, damit die Wasserstandshöhen selbst nach Jahren noch aus den Pegelregistern controllirt und zur Berechnung der dauernden Wasserstandsänderungen sowie zur Erkennung des Einflusses der Flusscorrectionen benutzt werden können. Aus diesem Grunde ist es auch als Regel anzusehen, dass Pegel, auf welche sich lange Beobachtungsreihen beziehen, nicht verändert werden, bezw. dass bei nothwendiger Erneuerung derselben der ursprüngliche Nullpunkt nach den vorhandenen Fixpunkten sorgfältig einzunivelliren ist.

Für vorübergehende Messungen einer bestimmten Flussstrecke, auf welcher sich keine monumentalen Pegel befinden, genügt es, in angemessenen Entfernungen eine Anzahl von eingetheilten Latten an den Ufern oder an anderen passenden Stellen möglichst dauerhaft anzubringen und deren Nullpunkte durch ein Nivellement festzulegen.

Wiederholt hat man Pegel construirt, welche den Wasserstand durch

Uebertragung desselben mittelst Schwimmer anzeigen. Auch hat man dieselben selbstregistrirend angeordnet, indem der durch den Schwimmer angezeigte Wasserstand auf einem Papierstreifen, durch ein Uhrwerk bewegt, in Form einer Curve, der Wasserstandscurve, graphisch dargestellt wird. Derartige selbstregistrirende Pegel, Limnigraphen, sind namentlich in der Schweiz in Anwendung; in Deutschland und Frankreich haben dieselben gleichfalls, jedoch nur vereinzelt, Anwendung gefunden.

Die Aufnahme der Querprofile. Zunächst ist mittelst Visirpfähle eine sorgfältige Fixirung des zu messenden Querprofiles, welches stets rechtwinklig auf den Stromstrich liegen muss, vorzunehmen. Die Messung darf nur an solchen Stellen erfolgen, an denen der Fluss einen geraden, ungehinderten Lauf hat, wo also nicht etwa durch Correctionswerke, in der Nähe befindliche Schleusen, Brückenpfeiler u. s. w. Veränderungen eingetreten sind.

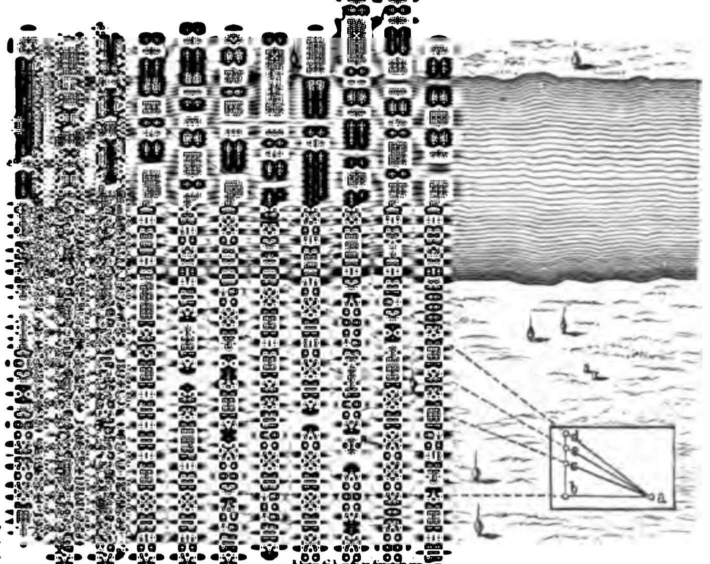
Bei Flussläufen von geringer Breite stellt man in geeigneter Holzconstruction einen Steg rechtwinklig zu dem Stromstriche über den Fluss her, theilt die Breite des Wasserspiegels in gleiche Theile und misst an diesen mit Hülfe eines passenden Massstabes, der Peilstange, die Tiefen. Die Stange besteht in der Regel aus Holz und wird zuweilen mit einer scharfen Kante hergestellt, welche gegen die Stromrichtung gehalten wird, damit beim Einlassen in das Wasser keine merkliche Stauung eintrete. Dieselbe ist mit deutlichen, selbst aus einiger Entfernung gut ersichtlichen Theilstrichen zu versehen; ist der Boden sumpfig, so dass die Stange in die Sohle eindringt, so versieht man die untere Fläche mit einem flachen, eisernen Schuhe, dessen Unterkante den Nullpunkt darstellt. Für grössere Tiefen und starke Strömungen finden auch zuweilen eiserne Peilstangen Verwendung. Nach der Eintheilung des Steges (den Abscissen) und den Messungen der entsprechenden Tiefen (der Ordinaten) ist man im Stande, das Querprofil zu zeichnen und seinen Inhalt zu berechnen.

Bei grösserer Breite des Flusslaufes legt man an der zu messenden Stelle ein Seil über den Flusslauf, spannt dasselbe nach Möglichkeit an und versieht es innerhalb des Profiles mit einer Eintheilung, welche am besten durch farbige Bänder markirt wird. Das Seil wird zweckmässig vorher, um eine Veränderung seiner Länge durch die Anspannung nach Möglichkeit zu verhüten, mit Oel getränkt und äusserlich mit einem Anstriche von geschmolzenem Wachse versehen. Nach Ausspannung des Seiles fährt man in einem Boote in der Richtung des festgelegten Profiles über den Fluss, wobei dieses in angemessener Weise gegen die Einwirkung der Strömung gesichert werden muss, und nimmt an den Theilpunkten der Leine mittelst der Peilstange die Tiefenmessungen vor.

Bei breiten Flüssen bestimmt man die Abscissen am bequemsten mit Hülfe des Messtisches oder des Theodoliten. Im ersteren Falle, Fig. 6, stellt man den Messtisch in angemessener Entfernung von dem zu vermessenden Querprofile auf, welches durch die drei in gerader Linie abgesteckten Pfähle *B*, *C* und *D* festgelegt ist. Hierauf orientirt man den

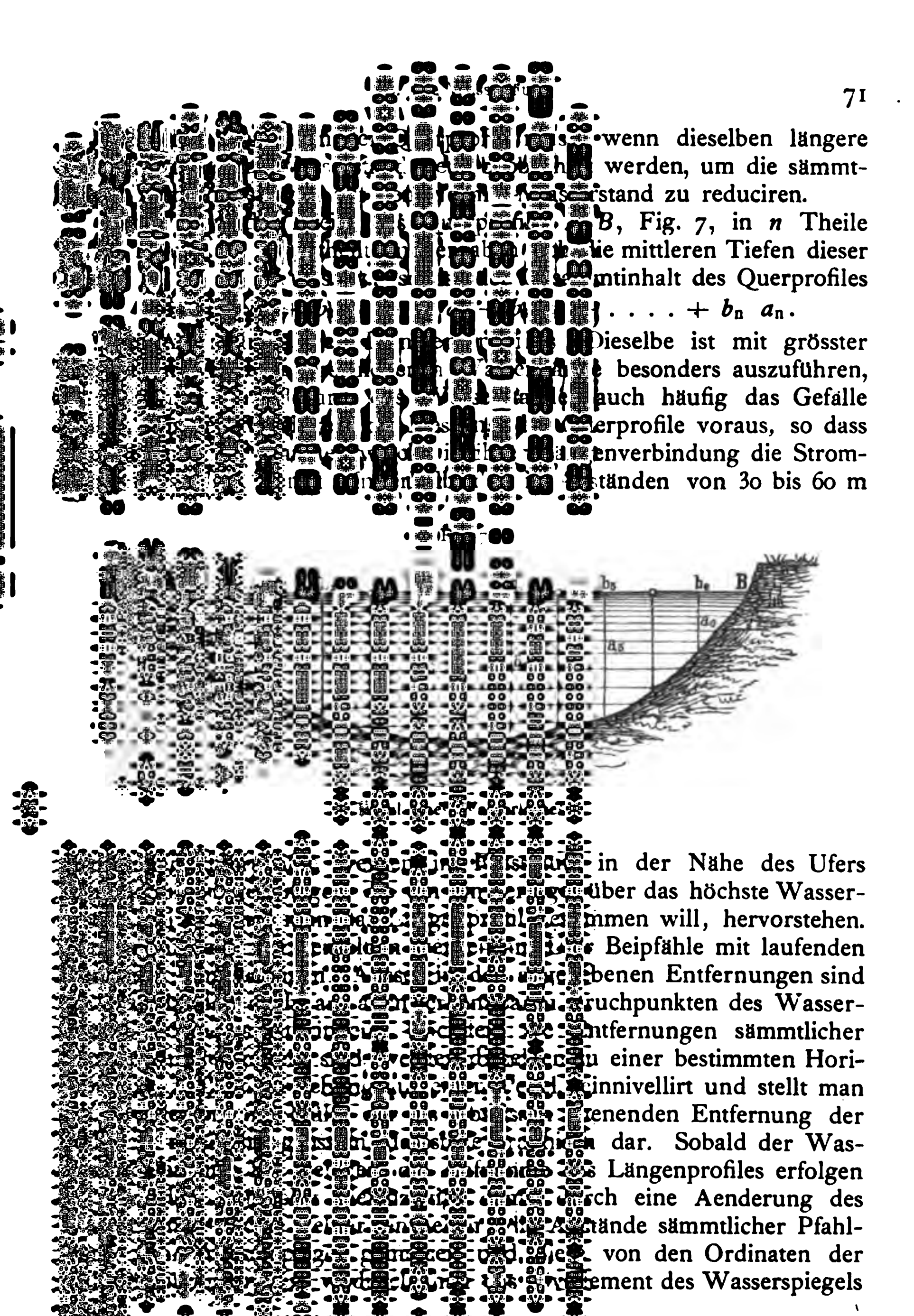


Messtischpunkte a aus auf B
u A B. Ist A B rechtwinklig
b d rechtwinklig zu a b auf
und d durch Einvisiren der
Theilt man hierauf c d in
n die entsprechenden Theil-
ie Peilstange vom Messtische
der Linie c d einvisirt und
ringt. Misst man an diesen



ist man im Stande, das Profil
bscissen und den gefundenen
agen.
n besten zwei zusammenge-

des Theodoliten die Messung
keiner weiteren Erläuterung.
Peilstange genau vertical zu
s Senkbleies, des Peillothes,
etheilt ist und unten ein Ge-
, aufnimmt. Damit das Ge-
kommt, muss dasselbe je nach
s Punktes, an welchem die
rfen werden.



wenn dieselben längere werden, um die sämmt- stand zu reduciren.

B, Fig. 7, in n Theile ie mittleren Tiefen dieser mtinhalt des Querprofiles $\ldots + b_n\ a_n$.

Dieselbe ist mit grösster besonders auszuführen, auch häufig das Gefälle erprofile voraus, so dass enverbindung die Strom- tänden von 30 bis 60 m

in der Nähe des Ufers über das höchste Wasser- mmen will, hervorstehen. Beipfähle mit laufenden benen Entfernungen sind ruchpunkten des Wasser- ntfernungen sämmtlicher u einer bestimmten Hori- innivellirt und stellt man enenden Entfernung der dar. Sobald der Was- Längenprofiles erfolgen ch eine Aenderung des tände sämmtlicher Pfahl- von den Ordinaten der ment des Wasserspiegels

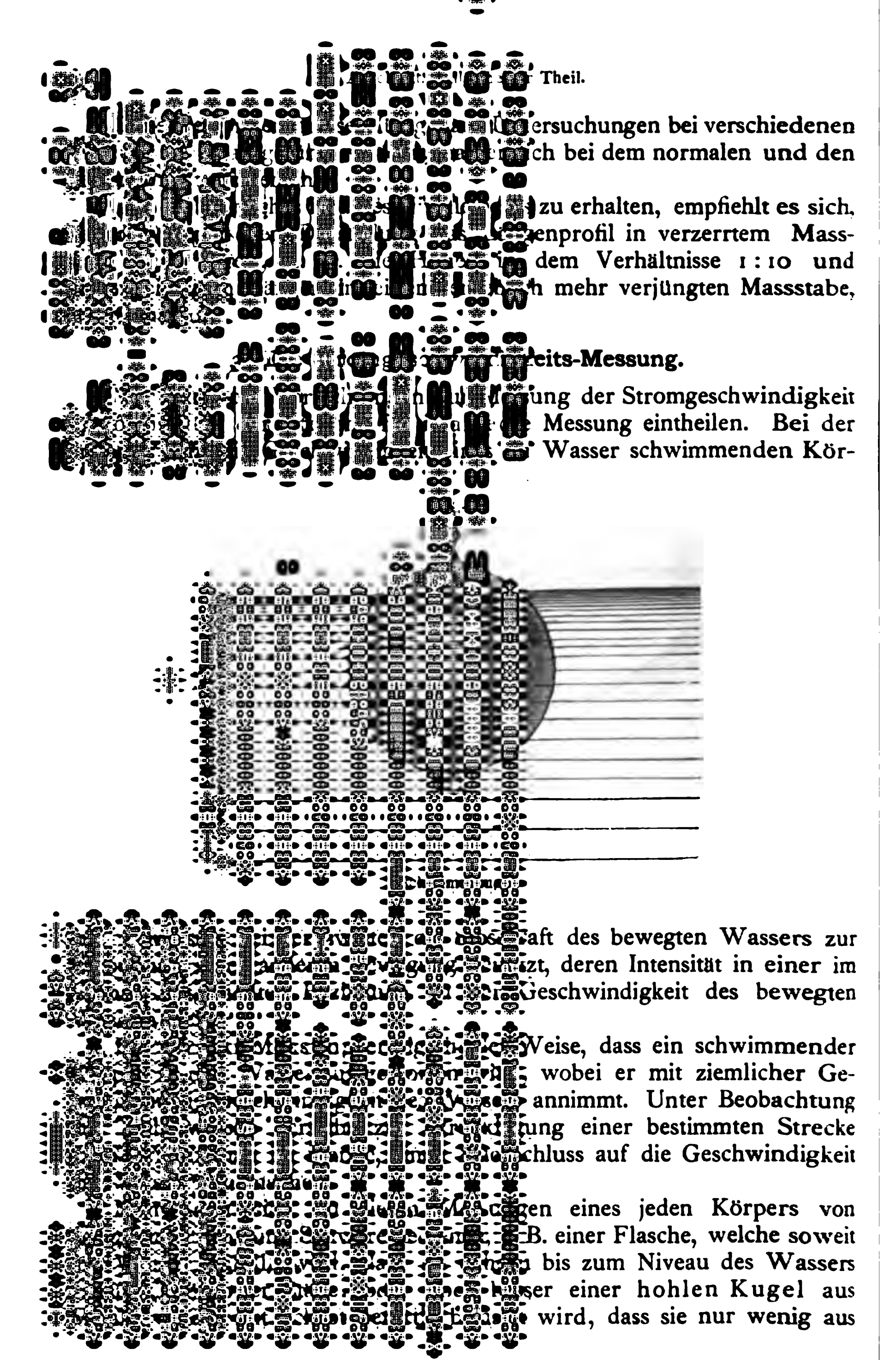
indem man die sich aus Wasserspiegel ab einträgt.

ersuchungen bei verschiedenen
ch bei dem normalen und den

zu erhalten, empfiehlt es sich.
enprofil in verzerrtem Mass-
dem Verhältnisse 1 : 10 und
h mehr verjüngten Massstabe,

its-Messung.

ung der Stromgeschwindigkeit
Messung eintheilen. Bei der
Wasser schwimmenden Kör-



aft des bewegten Wassers zur
zt, deren Intensität in einer im
Geschwindigkeit des bewegten

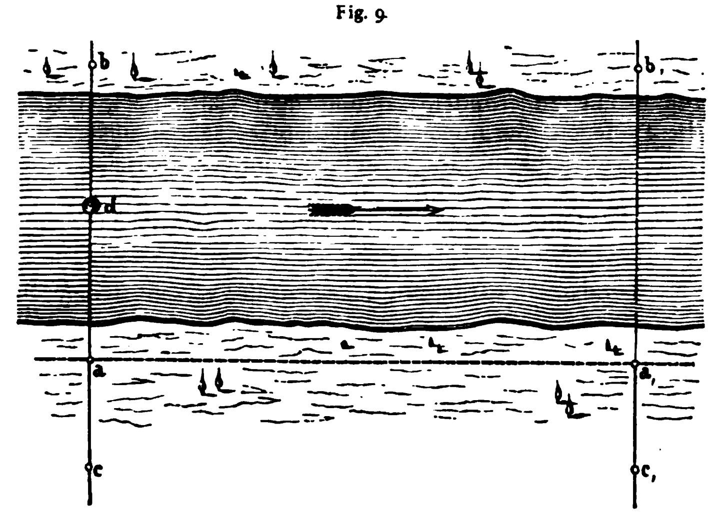
Weise, dass ein schwimmender
wobei er mit ziemlicher Ge-
annimmt. Unter Beobachtung
ung einer bestimmten Strecke
chluss auf die Geschwindigkeit

en eines jeden Körpers von
B. einer Flasche, welche soweit
bis zum Niveau des Wassers
ser einer hohlen Kugel aus
wird, dass sie nur wenig aus

dem Wasser hervorragt, um den Einfluss etwaiger Luftströmungen auf die Geschwindigkeit abzuhalten. Diese Schwimmkugeln (Fig. 8) haben gewöhnlich einen Durchmesser von 0,20 bis 0,25 m; sie sind aus Messingblech zusammengelöthet und mit einer Verschraubung zum Einfüllen des Schrotes versehen. Am oberen Theile befindet sich eine Oese, um dieselben bequem erfassen zu können. Um die Kugel im Wasser deutlich zu erkennen, empfiehlt es sich, sie mit einem grell rothen Anstriche zu versehen.

Die Schwimmkugel wird in der Regel nur zur Messung der Geschwindigkeit an der Oberfläche benutzt; jedoch kann man dieselbe auch als Tiefenschwimmer verwenden, indem man sie entsprechend der

Fig. 9.



Geschwindigkeitsmessung mit der Schwimmkugel.

Tiefe, in welcher die Messung erfolgen soll, belastet. Man verbindet alsdann mit der Schwimmkugel mittelst einer Schnur eine an der Oberfläche schwimmende leichte Marke, an welcher man die erforderlichen Beobachtungen anstellt.

Bei der Messung der Oberflächen-Geschwindigkeit ist es schwierig, die Geschwindigkeit an verschiedenen Stellen des Profiles zu ermitteln, da der schwimmende Körper die Tendenz hat, sich in den Stromstrich zu begeben und somit, wenn man ihn nahe am Ufer ins Wasser bringt, stets um Einiges nach der Mitte des Wasserlaufes hingetrieben wird.

Die Methode der Geschwindigkeitsmessung mit Hülfe der Schwimmkugel ist folgende: In einer möglichst geraden Flussstrecke (Fig. 9) wird ein Theil von derartiger Länge, dass die Kugel 2 bis 3 Minuten zur Zurücklegung derselben gebraucht, durch zwei Querprofile abgesteckt,

welche durch je zwei Pfähle *a* und *b* an den gegenüber befindlichen Ufern und einen Richtungspfahl *c* bezeichnet werden. Die Schwimmkugel *d* wird etwas oberhalb des Profiles *a b* in das Wasser geworfen und zwar gewöhnlich in der Mitte; alsdann beobachtet man durch Visiren zwischen *c a b* und mit Hülfe einer Secundenuhr den Zeitpunkt, in welchem sie das Profil passirt. Hierauf geht man etwas schneller als die Kugel schwimmt, nach dem Pfahle *c* und beobachtet wiederum den Zeitpunkt, in welchem die Kugel das Profil *c*, *a*, *b*, passirt. Betrug die Differenz der Zeiten *t* Secunden, die Entfernung beider Profile *l* Meter, so war die Geschwindigkeit

$$v = \frac{l}{t} \text{ Meter pro Secunde.}$$

Es empfiehlt sich stets, eine Reihe derartiger Messungen anzustellen, damit sich etwaige Fehler nach Möglichkeit ausgleichen.

Um aus der Oberflächen-Geschwindigkeit die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Profile zu ermitteln, nimmt man vielfach an, dass in regelmässig beschaffenen Gerinnen die mittlere Geschwindigkeit um 15 % geringer ist als die grösste Geschwindigkeit im Stromstriche, so dass also

$$v = 0{,}85\, v'$$

ist, wenn v die mittlere und v' die Geschwindigkeit im Stromstriche bedeutet.

Das Verhältniss $\frac{v}{v'}$ variirt übrigens nach verschiedenen Beobachtungen nicht unerheblich und zwar zwischen 0,67 und 0,98; im Mittel kann man aber 0,85 annehmen.

Bazin fand eine Abnahme von $\frac{v}{v_1}$ mit Zunahme des aus der Beschaffenheit des benetzten Umfanges sich ergebenden Reibungswiderstandes und eine Beziehung zwischen $\frac{v}{v_1}$ und dem Werthe $\frac{RJ}{v^2}$. Die von ihm aufgestellte Formel für die mittlere Geschwindigkeit lautet

$$v = v_1 - 14\sqrt{RJ}.$$

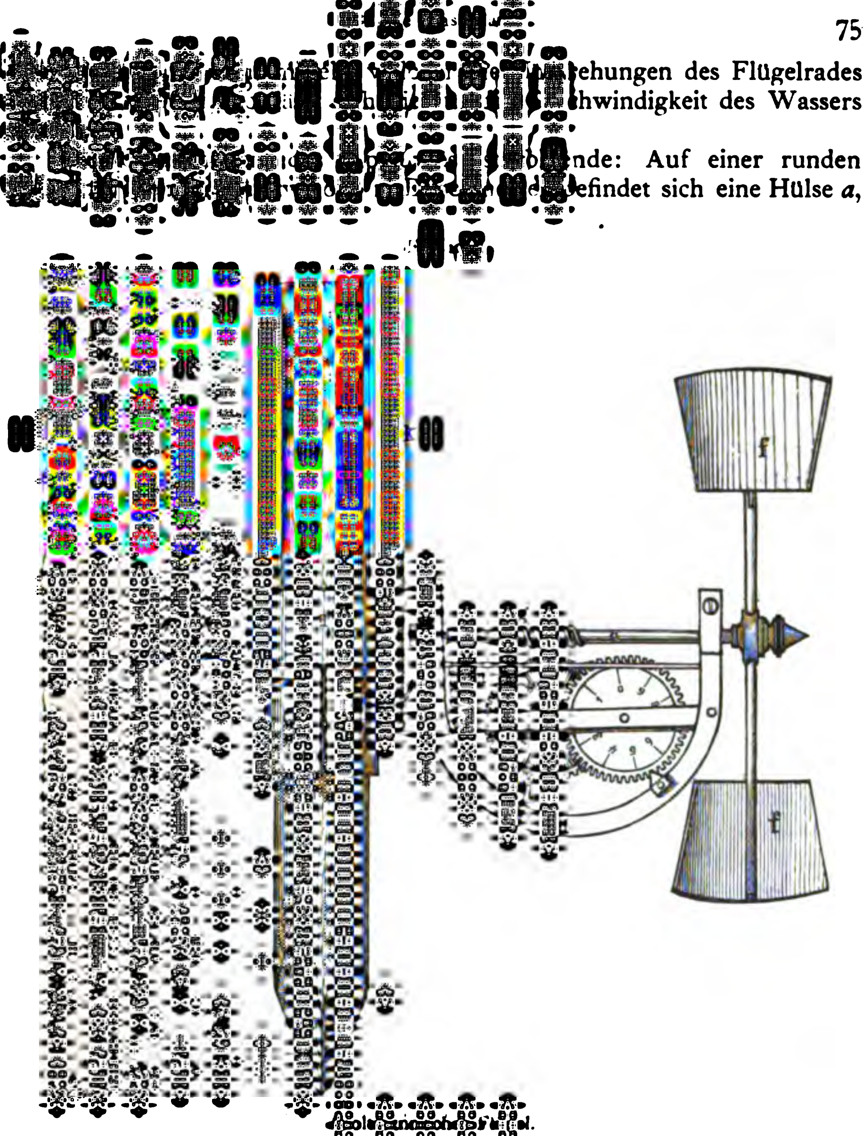
Da v_1, R und J durch directe Messung bestimmt werden können, so lässt sich hiernach die mittlere Geschwindigkeit leicht berechnen.

Der Woltmann'sche Flügel.

Zur indirecten Messung der Wassergeschwindigkeit bedient man sich mit Vortheil des Woltmann'schen hydrometrischen Flügels, welcher in seiner einfachsten Anordnung in Fig. 10 dargestellt ist. Das Princip des Apparates beruht darauf, dass ein Rad mit schräg gegen den Stromstrich gestellten Flügeln durch den Stoss des bewegten Wassers in Umdrehung versetzt wird und auf der Annahme, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit des Rades proportional der Geschwindigkeit des Wassers sei. Ist demnach eine

… ehungen des Flügelrades … hwindigkeit des Wassers …

… nde: Auf einer runden … efindet sich eine Hülse *a*,



… Dieselbe wird von der … se *b* getragen und kann … lt werden. Die Hülse *a* … welches etwa 0,45 m lang … lbstthätig in die Richtung … sen werden soll, einstellt. … erruder entgegengesetzten

Seite der Hülse befestigt, ist in einem halbkreisförmig gekrümmten Bügel *d* angeordnet, welcher die Lager für die Hauptachse *e* aufnimmt. An dem äusseren Ende der letzteren befinden sich die Flügel *f f*, deren Flächen schräg, gewöhnlich unter einem Winkel von 45 Grad, zu der Richtung des Steuerruders eingestellt sind. Die Form der Flügel ist ein trapezförmiger Ausschnitt eines Ringes mit abgestumpften Ecken.

Wird der Apparat in das bewegte Wasser eingebracht, so stossen die Wasserfäden gegen die schrägen Flächen, wobei ein Theil der Stosskraft die Rotation der Flügel erzeugt. Diese muss von dem Apparate registrirt werden, zu welchem Zwecke sich auf der Achse *e*, innerhalb des Bügels, eine Schraube ohne Ende *g* befindet, mit welcher ein Zahnrad *h* in Eingriff gebracht werden kann. Die Achse des letzteren ist in dem Hebel *i* gelagert, welcher an dem Bügel drehbar befestigt ist und mittelst der Schnur *k* derartig angehoben werden kann, dass der Eingriff stattfindet. So lange die Schnur gespannt erhalten wird, findet also eine Uebertragung der Umdrehungen der Flügelwelle auf das Zahnrad *h* statt. Von diesem wird mittelst eines Vorgeleges ein zweites Rad getrieben, welches sich mit erheblich geringerer Geschwindigkeit dreht. Die Zeiger *l* gestatten eine Ablesung der Umdrehungszahlen, aus denen man rückwärts auf die Umdrehung des Flügelrades schliessen kann.

Hat das Rad *h* 100 Zähne, das Vorgelege 20 und 100 Zähne, so macht das letzte Vorgelegerad eine Umdrehung bei 500 Touren der Flügelwelle. Ist die Oberfläche desselben noch in einzelne Theile getheilt, so kann man mit grösster Genauigkeit die Zahl der Umdrehungen ablesen.

Damit beim Ausrücken des Zahnrades *h* sofort ein Stillstand des Zählwerkes eintrete, ist die kleine Feder *m* angebracht, welche, sobald die Schnur schlaff wird, den Hebel *i* mit Sicherheit herunterdrückt.

Der Woltmann'sche Flügel wurde in neuerer Zeit wesentlich vervollkommnet und zwar in mehrfacher Hinsicht. Zunächst in der Methode, den Apparat in beliebiger messbarer Wassertiefe in Function zu setzen, ferner in der Feststellung der Flügelachse in einer zur Ebene des Querprofiles normalen Richtung und endlich in der Methode der Registrirung der Umdrehungen. Bei der neuesten Construction verbleibt das Instrument während der ganzen Dauer der Beobachtungen in einer Verticalen unter Wasser und werden die Umdrehungen mit Hülfe elektrischer Uebertragung über Wasser signalisirt. Das Verdienst der Ausbildung des hydrometrischen Flügels zu einem thatsächlich vollkommenen Instrumente gebührt dem Prof. A. R. Harlacher in Prag, trotzdem schon andere vor ihm, wie Ritter in Paris, Henry in Nordamerika, Amsler-Laffon in Schaffhausen bereits die elektrische Registrirung in Anwendung brachten.*)

*) A. R. Harlacher, die Messungen an der Elbe und Donau und die hydrometrischen Apparate und Methoden des Verfassers; Leipzig 1881. Das Werk enthält u. A. eine ausführliche Darstellung des Harlacher'schen hydrometrischen Flügels.

Die Bestimmung der Geschwindigkeit der Wasserfäden mittelst des Woltmann'schen Flügels beruht auf der Voraussetzung, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit des Flügels proportional ist dem von den Wasserfäden zurückgelegten Wege. Entspricht eine Umdrehung des ersteren dem Wege k des Wassers, so ist die Geschwindigkeit desselben

$$v = k \frac{u}{t},$$

wenn u die Zahl der Umdrehungen in der Zeit t bedeütet. Die Grösse des Coëfficienten k hängt von verschiedenen Factoren, namentlich der Stellung der Flügel und den Reibungswiderständen des Instrumentes ab. Letztere sucht man durch sorgfältige Herstellung und Reduction des Gewichtes der bewegten Theile, soweit dieses letztere mit Rücksicht auf die Solidität und Widerstandsfähigkeit zulässig ist, auf das mögliche Minimum zu bringen. Es geht hieraus hervor, dass der Coëfficient k für jedes Instrument besonders ermittelt werden muss und dass nach jeder Veränderung desselben, z. B. Einsetzung eines neuen Flügels oder Verstellung der Richtung der Flügel durch einen Stoss, eine Correction von k eintreten muss.

Die Ermittlung des Werthes von k kann in zweierlei Weise erfolgen. Entweder misst man in einem durchaus regelmässigen Gerinne die Geschwindigkeit des Wassers mit Hülfe einer Schwimmkugel, bringt hierauf den Flügel an einer Stelle, welche die Kugel passirt hat, in das Wasser und stellt die Zahl der Umdrehungen in einer bestimmten Zeit fest. Hierbei wird man in dem Falle die zuverlässigsten Resultate erzielen, dass der Durchmesser der Kugel gleich dem des Flügels war und letzterer bis dicht unter der Oberfläche in das Wasser getaucht wurde, also in die nämlichen Wasserfäden, welche die Kugel passirt hat. Stellt man zur grösseren Sicherheit eine Reihe von Versuchen an, so lässt sich aus dem arithmetischen Mittel der Werthe von u in der Zeit t und Einsetzung der durch die Schwimmkugel, ebenfalls nach einer Reihe von Versuchen, ermittelten Geschwindigkeit v der Werth für

$$k = v \frac{t}{u}$$

festsetzen.

Zuverlässiger stellt man diese Versuche an, wenn man das Instrument mit bekannter Geschwindigkeit in vollständig ruhendem Wasser, z. B. einem Teiche, bewegt. Hierbei wird selbstverständlich der nämliche Effect erzielt, wie wenn man das stillstehende Instrument durch das bewegte Wasser in Umdrehung versetzen lässt. Man bedient sich hierzu eines möglichst ruhig gehenden Kahnes, vor dessen Spitze an einem langen Ausleger der Flügel so befestigt wird, dass die Stange vertical steht. Bei dieser Anordnung können die Bewegungen des Kahnes keinen nachtheiligen Einfluss ausüben. Die Schnur zum Ausrücken des Zählwerkes wird derartig über Rollen geleitet, dass sie dem Arbeiter auf dem Kahne gut zur Hand ist. Man steckt an den Ufern in nicht zu geringem Ab-

stande zwei Profile ab und zieht den Kahn in gerader Linie durch beide Profile, wobei die Ein- und Ausrückung des Zählwerkes in den Momenten zu erfolgen hat, wo die Stange des Flügels die Profile passirt. Der Gehilfe, welcher den Zeitpunkt beobachtet, in welchem die Stange des Flügels in die Profile kommt, giebt dem im Kahne befindlichen Arbeiter das Zeichen hierzu. Ist s die Entfernung beider Profile und u die Zahl der Umdrehungen, welche der Flügel bei der Fahrt zwischen denselben macht, wobei diese Zahl als Mittelwerth einer grösseren Versuchsreihe zu bestimmen ist, so ergiebt sich

$$k = \frac{s}{u}.$$

Betrug z. B. die durchfahrene Strecke 30 m und das arithmetische Mittel der Umdrehungszahlen sämmtlicher Versuche 210, so ergiebt sich

$$k = \frac{30}{210} = 0{,}143.$$

Anmerkung. Eine grössere Genauigkeit als die Formel $v = k\,\frac{u}{t}$ liefert die Formel

$$v = v_0 + k\,\frac{u}{t},$$

worin v_0 diejenige Geschwindigkeit bedeutet, bei welcher das Wasser nicht mehr im Stande ist, die Reibungswiderstände des Instrumentes zu überwinden. Nach der Methode der kleinsten Quadrate ergiebt sich

$$v_0 = \frac{\Sigma\left(\frac{u}{t}\right)^2 \Sigma(v) - \Sigma\left(\frac{u}{t}\right)\Sigma\left(v\,\frac{u}{t}\right)}{n\,\Sigma\left(\frac{u}{t}\right)^2 - \Sigma\left(\frac{u}{t}\right)\Sigma\left(\frac{u}{t}\right)},$$

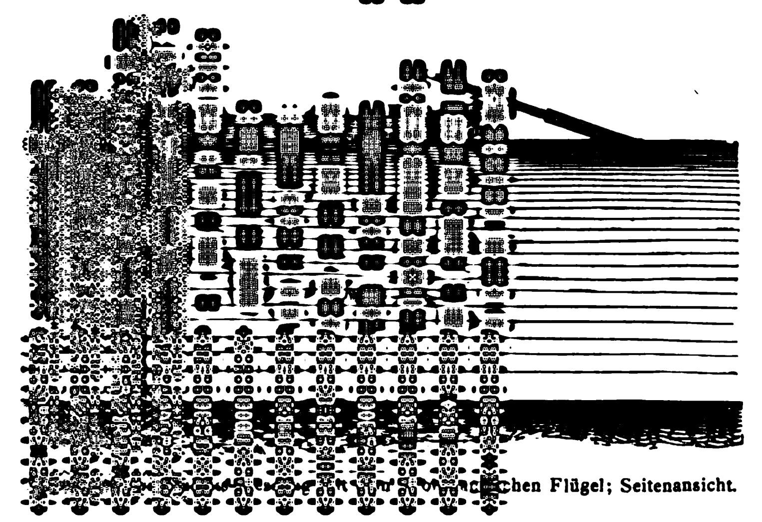
$$k = \frac{n\,\Sigma\left(v\,\frac{u}{t}\right) - \Sigma\left(\frac{u}{t}\right)\Sigma(v)}{n\,\Sigma\left(\frac{u}{t}\right)^2 - \Sigma\left(\frac{u}{t}\right)\Sigma\left(\frac{u}{t}\right)},$$

worin n die Zahl der Versuche bedeutet.

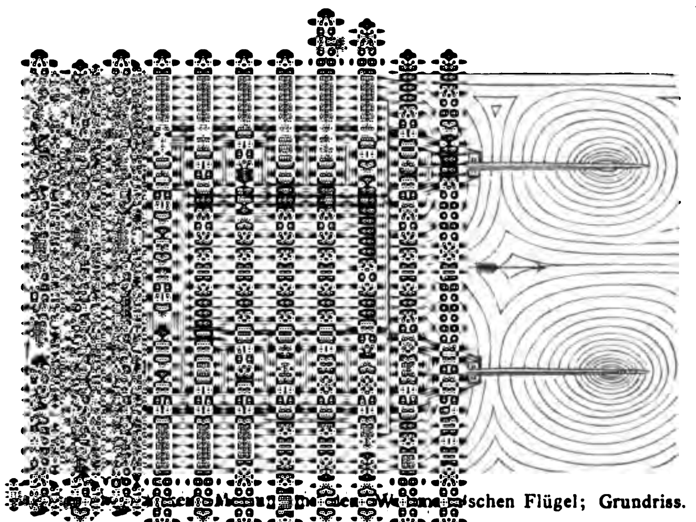
Die Benutzung des Woltmann'schen Flügels erfolgt entweder von einem festen Standpunkte, z. B. einem Stege, aus oder von einem Kahne. In ersterem Falle bietet die Handhabung des Instrumentes keinerlei Schwierigkeiten dar; im zweiten wählt man vortheilhaft die in Fig. 11, 12 und 13 dargestellte Anordnung*), nach welcher zwei Kähne b in einem Abstande von 3 bis 4 m durch eine Bohlenbrücke zusammengekuppelt werden, während das Instrument p an einer vertical gerichteten Stange n,

*) Nach Becker's Wasserbau, Taf. V.

[illegible] ängert werden kann, in [illegible] ange stets genau vertical [illegible] an beiden Kähnen ver-



[illegible] chen Flügel; Seitenansicht.

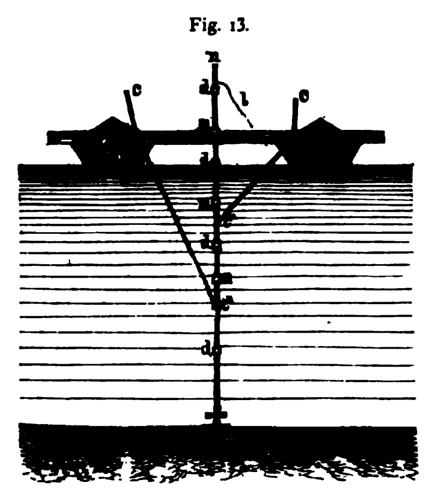


[illegible] schen Flügel; Grundriss.

[illegible] Anziehen dieser Seile. Bei [illegible] r aufgesetzt, durch welche [illegible] wird. Die Stange *n* ragt

so hoch über der Kahnbrücke hervor, dass sie bequem in das Profil, in welchem die Stromgeschwindigkeit gemessen werden soll, einvisirt werden kann. Ist letztere sehr stark, so muss selbstverständlich eine genügende Verankerung des Fahrzeuges an den Ufern erfolgen.

Fig. 13.



Stromgeschwindigkeits-Messung mit dem Woltmann'schen Flügel; Vorderansicht.

Die Pitot'sche Röhre.

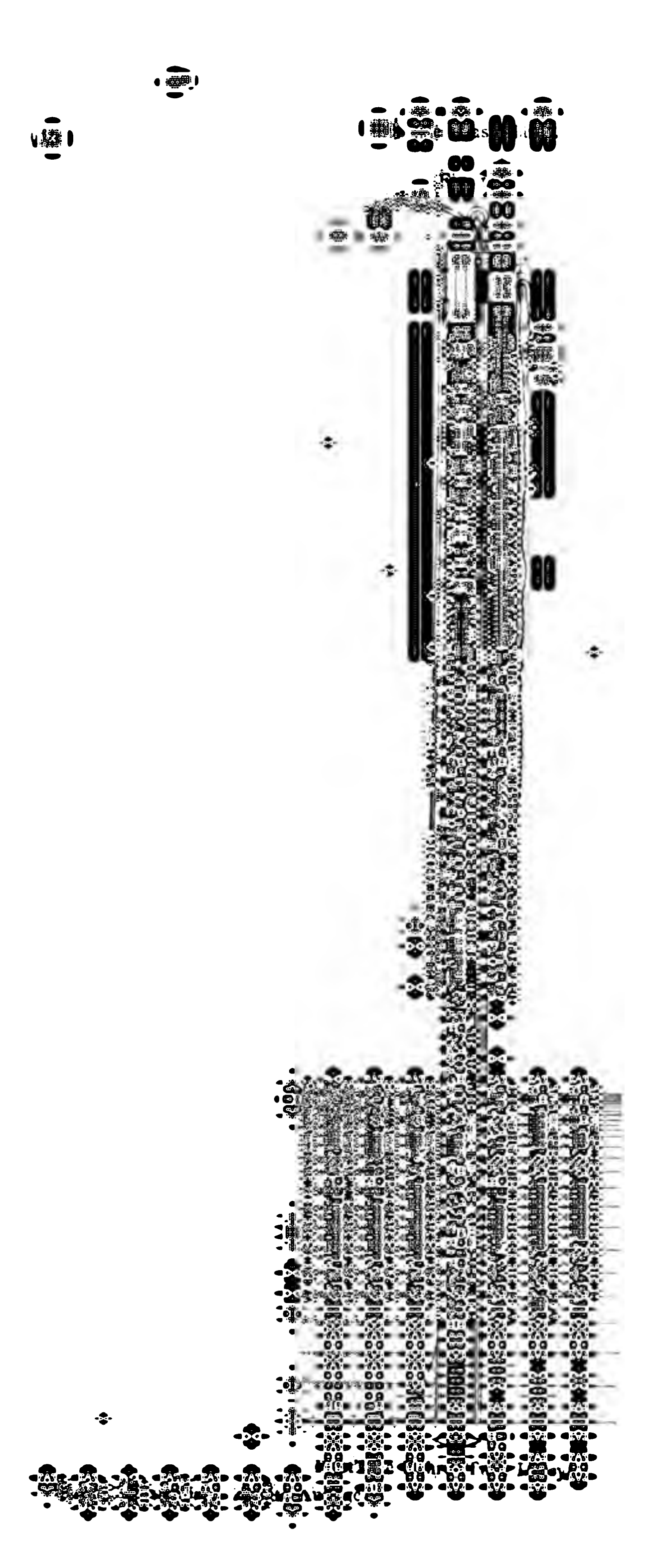
Die Pitot'sche Röhre dient ebenfalls zur Messung der Geschwindigkeit des fliessenden Wassers. Das Princip derselben ist folgendes: Wenn ein Rohr, welches unten um einen rechten Winkel kurz umgebogen ist, in ruhendes Wasser gehalten wird, so nimmt das letztere im Rohre eine Höhe an, welche gleich dem Niveau desselben in dem Bassin ist. Bewegt sich jedoch das Wasser mit einer nicht zu geringen Geschwindigkeit, so erhebt sich in Folge der Stosskraft desselben gegen das im Rohre befindliche Wasser das Niveau des letzteren um eine Höhe, welche von der Geschwindigkeit des Wassers abhängig ist. Bezeichnet v die Geschwindigkeit des Wassers, h die Höhendifferenz desselben im Rohre bei bewegtem und ruhendem Wasser und m eine von der Beschaffenheit des Instrumentes abhängige Constante, so ist

$$v = m \sqrt{2 hg},$$

worin g die Endgeschwindigkeit eines frei fallenden Körpers nach der ersten Secunde = 9,808 m bedeutet. Setzen wir $\sqrt{2g} = 4{,}43$ und 4,43 m = k, so verwandelt sich die Formel in

$$v = k \sqrt{h}.$$

Die ursprüngliche Pitot'sche Röhre wurde von Reichenbach erheblich verbessert, indem derselbe anstatt eines Rohres zwei Röhren an-



wendete, von denen die eine den Stand des ruhenden, die zweite die Höhe *h* bei bewegtem Wasser anzeigt. Ein Massstab zwischen beiden Röhren gestattet ein genaues Ablesen von *h*. Zu einem wirklich brauchbaren Instrumente ist die Pitot'sche Röhre jedoch erst durch die Verbesserungen, welche Darcy an derselben gemacht hat, herangebildet worden. Fig. 14 stellt diesen, unter dem Namen „Tube Darcy" bekannten, von den französischen Hydraulikern mit besonderer Vorliebe angewendeten Apparat dar.

Bei *a* strömt das Wasser in eine feine Spitze ein, welche stets genau in der Richtung der Strömung gehalten werden muss. Der verticale Theil des Rohres enthält zwei Canäle, von denen derjenige, welcher das bewegte Wasser aufnimmt, mit der erwähnten Spitze in Communication steht, während der zweite Canal, für das ruhende Wasser bestimmt, mit der feinen Oeffnung *b* in Verbindung steht, die bei der Function des Instrumentes rechtwinklig auf die Stromrichtung gehalten wird. Das Wasser in diesem Canale stellt sich somit im Niveau mit dem im Bache oder Flusse befindlichen Wasserstande.

Der Körper *c*, welcher nebeneinander die beiden Canäle aufnimmt, ist, wie der Querschnitt *d* zeigt, an beiden in der Stromrichtung liegenden Kanten scharf zugespitzt, damit kein die Messung beeinflussender Wasserstau eintrete. An dem Hahnkörper *e*, welcher beide Canäle verschliessen kann, sind mittelst kleiner Stopfbuchsen zwei Glasröhren eingesetzt, welche oben ebenfalls in den Stopfbuchsen des Hahnkörpers endigen. Ein Brett *g* hält das Gestell zusammen; in demselben ist ein verstellbarer Massstab mit feiner Theilung angebracht, dessen Nullpunkt zu beliebiger Höhe eingestellt werden kann. An dem oberen Hahnkörper *f* befindet sich ein Gummirohr *h* und in Verbindung mit diesem eine kleine leicht anzusetzende Pumpe. Der Hahn *e* kann von oben her mittelst eines Doppelhebels leicht geöffnet und geschlossen werden. Der Fuss des Instrumentes, d. h. der Canalkörper *c*, ist mit deutlichen Decimeter-Theilstrichen versehen, so dass man die Tiefe des Punktes *a* unter dem Wasserniveau stets direct ablesen kann.

Die Function des Instrumentes ist folgende: Man senkt dasselbe so weit in das Wasser, bis die Spitze in derjenigen Tiefe liegt, in welcher die Strömung gemessen werden soll, wobei darauf zu achten ist, dass *a b* genau in der Stromrichtung zu liegen kommt. Jetzt wird mittelst der Zugleine der Hahn *e* geöffnet, wodurch das Wasser in dem mit *a* communicirenden Rohre zu einer der Geschwindigkeit entsprechenden Höhe ansteigt, während es sich in dem mit *b* verbundenen Rohre im Niveau des Wassers in dem Bache stellt. Sobald die Wassersäulen zur Ruhe gekommen sind, werden dieselben mittelst der Pumpe zu einer solchen Höhe angesaugt, dass ein bequemes Ablesen erfolgen kann. Alsdann wird der Hahn *f* und nach dem Eintreten des Beharrungszustandes auch *e* geschlossen. Hierauf erfolgt die Abmessung von *h* mittelst des verschiebbaren Massstabes.

Um zu lange Röhren zu vermeiden, modificirte Darcy das Instrument in der Weise, dass er mittelst der Pumpe durch *f* Luft in beide Röhren presste. Die Niveaudifferenz *h* bleibt hierbei dieselbe, wie wenn keine Luftpressung stattfindet, da beide Röhren oben miteinander communiciren.

Den Coëfficienten *k* findet man, indem man bei bekannter Geschwindigkeit, wie sie durch den Schwimmer oder den geprüften Woltmann'schen Flügel ermittelt wurde, eine Reihe von Versuchen anstellt und nach dem aufgefundenen *h* den Werth von *k* mit Hülfe der Beziehung

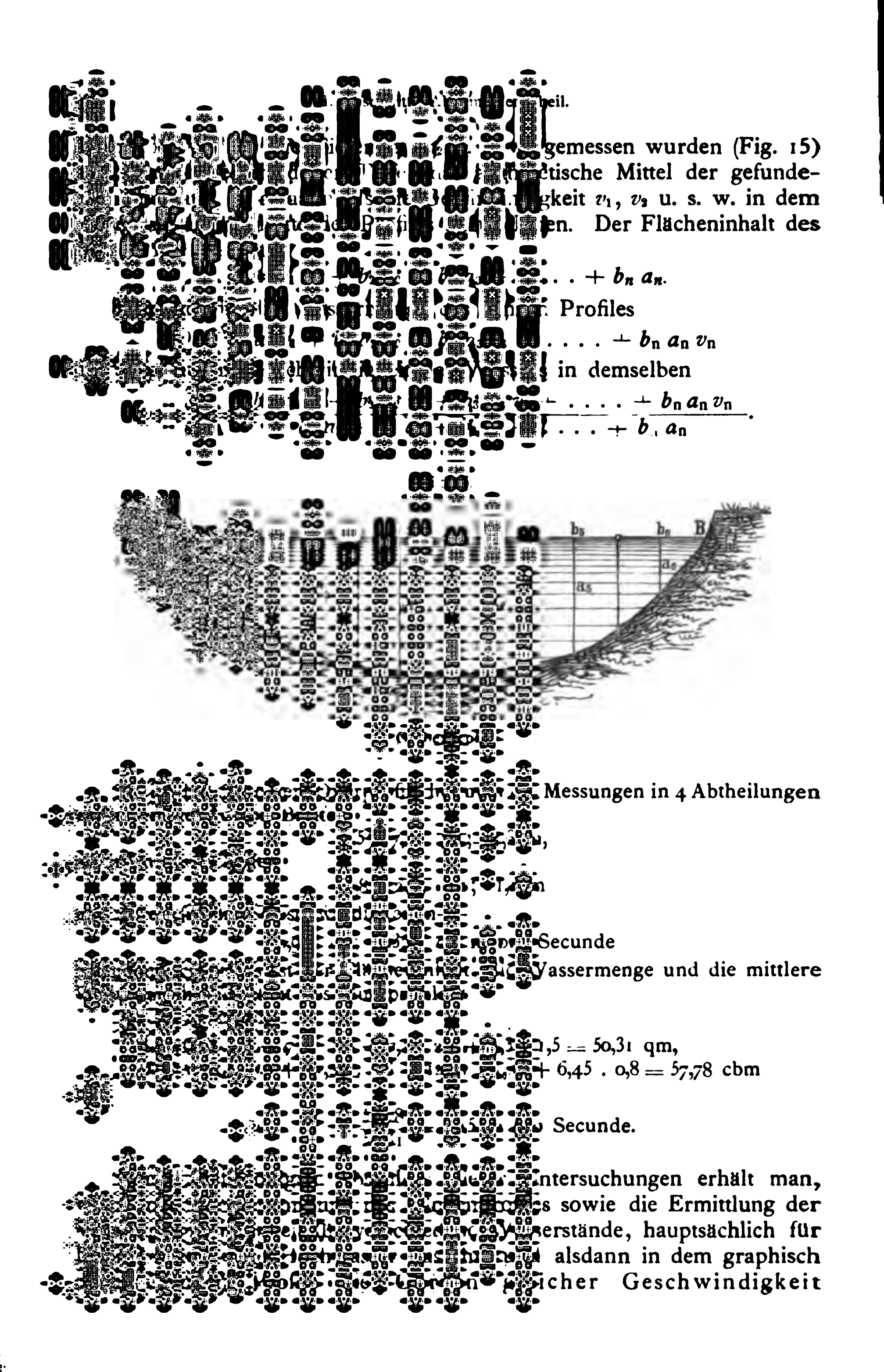
$$k = \frac{v}{\sqrt{h}}$$

berechnet. Um das Instrument für verschiedene Geschwindigkeiten des Wassers gleich zuverlässig verwenden zu können, ist es erforderlich, *h* für eine Reihe von bekannten Geschwindigkeiten zu ermitteln und hierauf *k* mit Hülfe der Methode der kleinsten Quadrate in der oben gezeigten Weise zu bestimmen.

Die Vortheile der Pitot'schen Röhre gegenüber dem Woltmann'schen Flügel bestehen darin, dass man die Geschwindigkeit des Wassers dicht am Wasserspiegel und namentlich am benetzten Umfange noch messen kann, wo man mit letzterem nicht heran kann, da die Flügel desselben stets einen gewissen Spielraum erhalten müssen. Ein Uebelstand ist dagegen, dass man mit der Pitot'schen Röhre nicht in grossen Tiefen messen kann, da das ganze Instrument in der gewöhnlichen Ausführung nur eine arbeitsfähige Länge von 2,5 m besitzt. Für Canäle, Bäche und Flüsse mit nicht zu beträchtlicher Tiefe möchte dasselbe demnach besonders zu empfehlen sein, wohingegen für Flüsse mit erheblicher Wassertiefe und Ströme die Verwendung des Woltmann'schen Flügels allein angezeigt ist.

Anmerkung. Es giebt ausser dem Woltmann'schen Flügel und der Darcy'schen Röhre noch eine grosse Anzahl von hydrometrischen Apparaten, z. B. den Stromquadranten, das Rheometer u. A., welche jedoch keinerlei practische Bedeutung erlangt haben und desshalb hier übergangen werden müssen. In neuester Zeit kommt ausser den beiden besprochenen Instrumenten noch das Patentlog, wie es für die Messung der Schiffsgeschwindigkeit zuweilen benutzt wird, zur Messung der Stromgeschwindigkeit in Anwendung. Ein Aufsatz des Baudirectors Grebenau in der Deutschen Bauzeitung, Jahrgang 1874, Seite 155 beschreibt dasselbe und hebt namentlich seine Vorzüge für andauernde Messungen bei den verschiedenen Wasserständen hervor.

Soll mit Hülfe eines Hydrometers die Ermittlung der Wassergeschwindigkeit und der Wassermenge eines Profiles erfolgen, so vereinigt man am besten die Aufnahme des Profiles, wie sie auf Seite 69 dargestellt wurde, mit der Messung der Geschwindigkeit. Zu diesem Zwecke ermittelt man die Geschwindigkeiten in den nämlichen Loth-



[illegible] gemessen wurden (Fig. 15) [illegible] tische Mittel der gefunde- [illegible] keit v_1, v_2 u. s. w. in dem [illegible] en. Der Flächeninhalt des

[illegible] $\ldots + b_n a_n$.

[illegible] Profiles

[illegible] $\ldots + b_n a_n v_n$

[illegible] in demselben

[illegible] $\frac{\ldots + b_n a_n v_n}{\ldots + b_n a_n}$.

[illegible] Messungen in 4 Abtheilungen

[illegible] Secunde

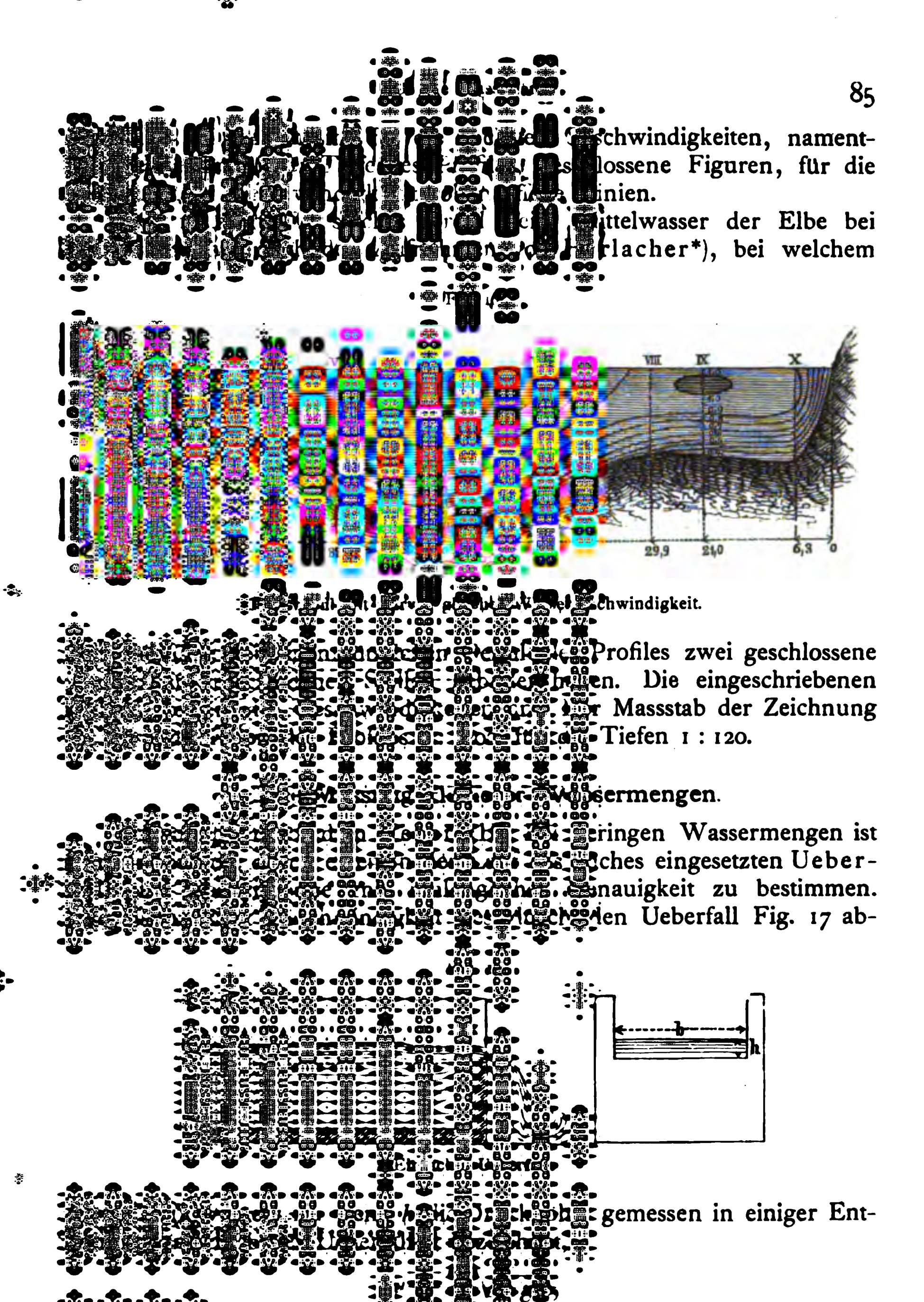
[illegible] assermenge und die mittlere

[illegible] $= 50{,}31$ qm,

[illegible] $+ 6{,}45 \cdot 0{,}8 = 57{,}78$ cbm

[illegible] Secunde.

[illegible] ntersuchungen erhält man, [illegible] s sowie die Ermittlung der [illegible] erstände, hauptsächlich für [illegible] alsdann in dem graphisch [illegible] cher Geschwindigkeit



…chwindigkeiten, nament-
…lossene Figuren, für die
…nien.
…ttelwasser der Elbe bei
…rlacher*), bei welchem

…chwindigkeit.

…Profiles zwei geschlossene
…en. Die eingeschriebenen
… Massstab der Zeichnung
…Tiefen 1 : 120.

…ermengen.

…ringen Wassermengen ist
…ches eingesetzten Ueber-
…nauigkeit zu bestimmen.
…den Ueberfall Fig. 17 ab-

… gemessen in einiger Ent-

…e des Königreiches Böhmen,

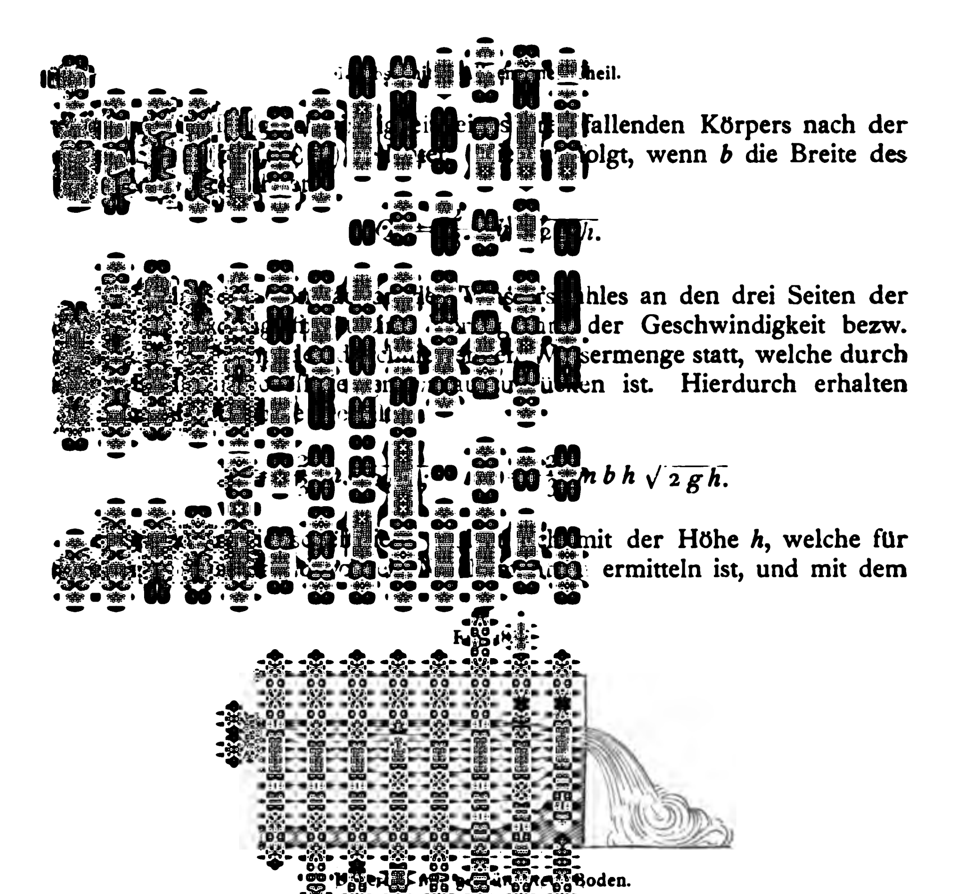
…fallenden Körpers nach der
…olgt, wenn b die Breite des

…h.

…hles an den drei Seiten der
… der Geschwindigkeit bezw.
…sermenge statt, welche durch
…n ist. Hierdurch erhalten

$$\ldots m\, b\, h \sqrt{2gh}.$$

…mit der Höhe h, welche für
… ermitteln ist, und mit dem



…Boden.

…tärksten, m wird demnach
… angeordnet ist (Kategorie I),
…ng des Wassers in den Ein-
…dnung stattfindet, wo an der
…stellt ist (Kategorie II) und
…eiten eine allmählige Ueber-
… denjenigen des Ueberfalles

…oncelet und Lesbros eine
…Contractionscoëfficienten an-
…0,20 m Breite mit veränder-
…itere Versuche veranstalteten
… einem Ueberfalle von 0,60 m
…erthe von $^2/_3\, m$ für die drei
…on 0,20 m.

Tabelle über die Werthe des Contractionscoëfficienten bei der Messung des Wassers durch den Ueberfall.

$$m_1 = \frac{2}{3} m.$$

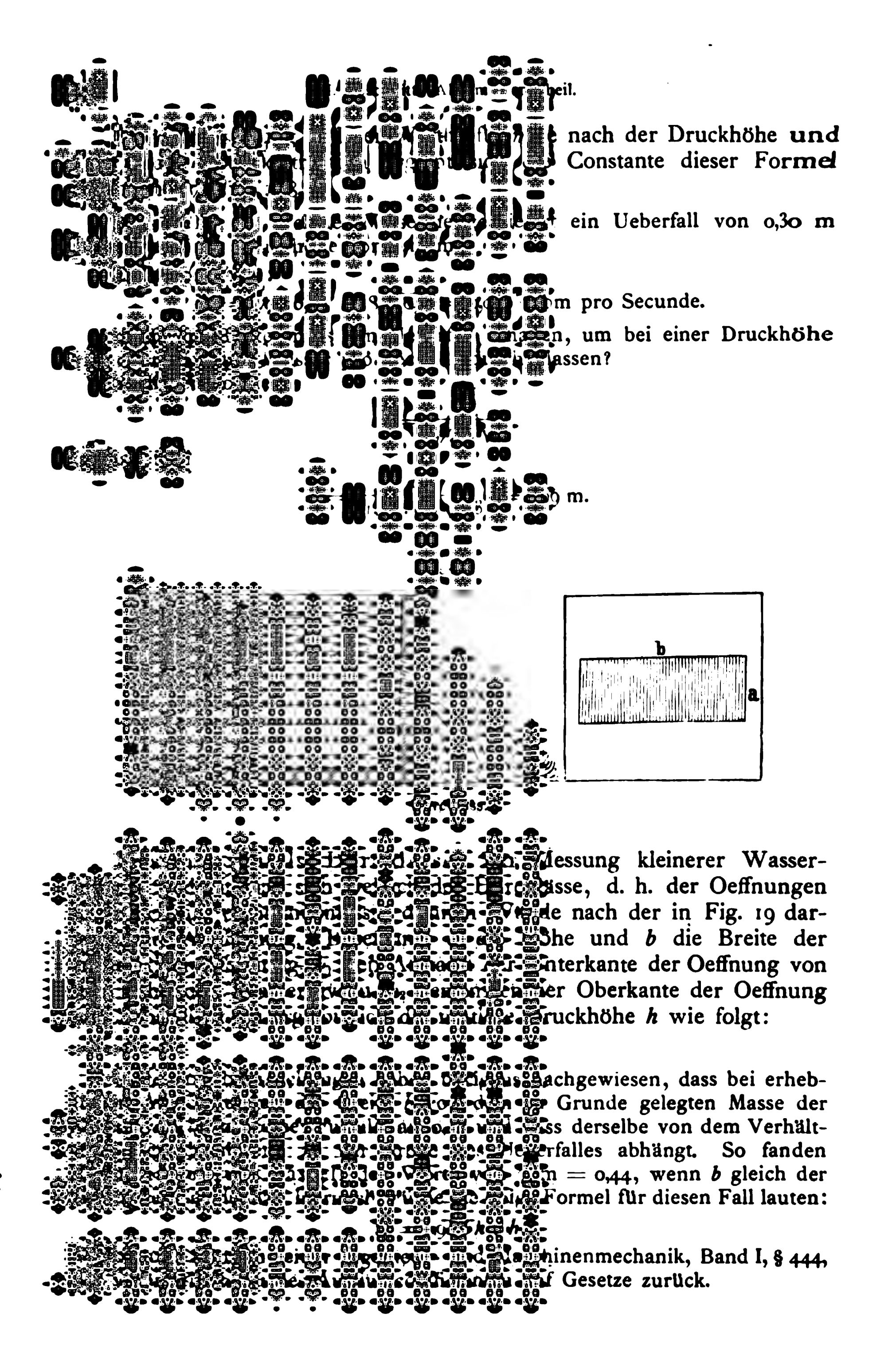
Druckhöhe h m	Contractionscoëfficient $m_1 = \frac{2}{3} m$.		
	Kategorie I: Mit vollständiger Contraction.	Kategorie II: Mit am Boden unterdrückter Contraction.	Kategorie III: Mit am Boden und an den Seiten unterdrückter Contraction.
0,01	0,424	0,384	0,492
0,02	0,417	0,402	0,473
0,03	0,412	0,410	0,459
0,04	0,407	0,411	0,449
0,05	0,404	0,411	0,442
0,06	0,401	0,410	0,437
0,07	0,398	0,409	0,435
0,08	0,397	0,409	0,434
0,09	0,396	0,409	0,434
0,10	0,395	0,408	0,434
0,12	0,394	0,408	0,434
0,14	0,393	0,408	0,434
0,16	0,393	0,407	0,433
0,18	0,392	0,406	0,432
0,20	0,390	0,405	0,432
0,22	0,386	0,405	0,430
0,25	0,379	0,404	0,428
0,30	0,371	0,403	0,424

Für einen Ueberfall von 0,60 m Breite ergab sich bei der Kategorie I der Contractionscoëfficient $m_1 = \frac{2}{3} m$ wie folgt:

Druckhöhe h in Metern	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
$m_1 = \frac{2}{3} m$.	0,412	0,409	0,406	0,403	0,400	0,395	0,391	0,391	0,391	0,390

Im Mittel kann man $\frac{2}{3} m = 0{,}40$ annehmen und erhält alsdann die Formel

$$Q = 1{,}77\ b\ h \sqrt{h}.$$



nach der Druckhöhe und
Constante dieser Formel

ein Ueberfall von 0,30 m

m pro Secunde.

n, um bei einer Druckhöhe
assen?

m.

Messung kleinerer Wasser-
sse, d. h. der Oeffnungen
e nach der in Fig. 19 dar-
he und b die Breite der
terkante der Oeffnung von
r Oberkante der Oeffnung
ruckhöhe h wie folgt:

chgewiesen, dass bei erheb-
Grunde gelegten Masse der
ss derselbe von dem Verhält-
rfalles abhängt. So fanden
$= 0{,}44$, wenn b gleich der
Formel für diesen Fall lauten:

inenmechanik, Band I, § 444,
Gesetze zurück.

Es ist

$$h_1 - h = \frac{a}{2},$$

$$h - h_2 = \frac{a}{2},$$

also

$$h_1 - h = h - h_2.$$

Hieraus folgt

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2}.$$

Kann das Unterwasser frei abfliessen, dergestalt, dass der Spiegel desselben nicht über der oberen Kante der Durchlassöffnung ansteigt, so ist

$$v = m \sqrt{2gh},$$

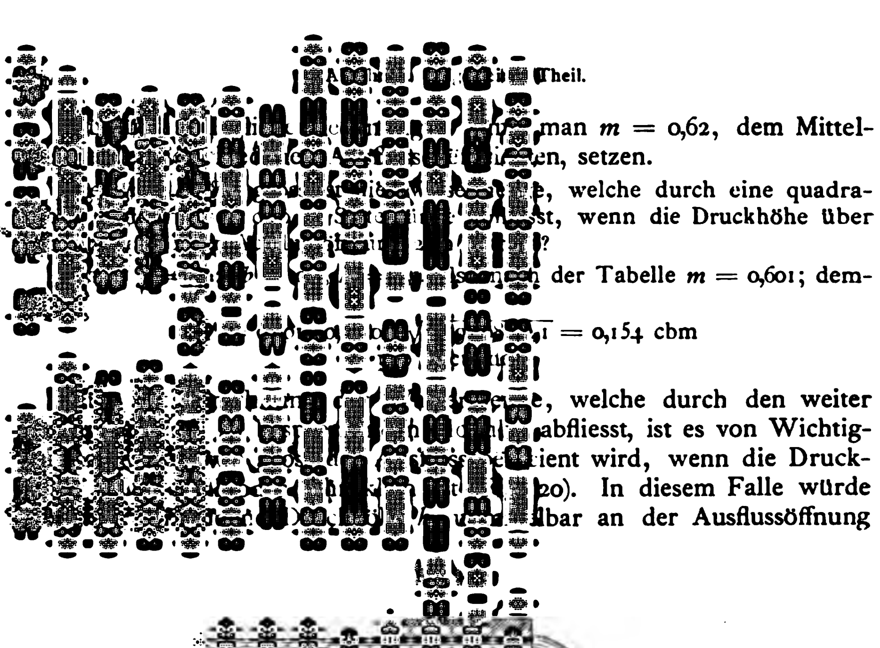
und die Wassermenge

$$Q = m\,ab \sqrt{2gh}.$$

m ist ein durch Versuche zu bestimmender Coëfficient, welcher von der Druckhöhe h_2 und von den Abmessungen der Ausflussöffnung abhängt. Es ist bei der Bestimmung von h_2 zu berücksichtigen, dass der Wasserspiegel sich nach der Ausflussöffnung hin senkt, die Messung von h_2 jedoch in einer Entfernung von letzterer stattzufinden hat, wo diese Senkung noch nicht eingetreten ist, also an einer Stelle, an welcher der Wasserspiegel als stillstehend angesehen werden kann. Die von Poncelet und Lesbros angestellten Versuche zur Ermittlung des Coëfficienten m wurden mit Ausflussöffnungen von 0,20 und 0,60 m Breite sowie Ausflusshöhen von 0,20 bis 0,002 m angestellt und ergaben die in der hier folgenden Tabelle wiedergegebenen Resultate:

Tabelle über die Werthe des Ausflusscoëfficienten m bei dem Ausflusse des Wassers aus rechteckigen Durchlassöffnungen.

Werth von h_2, d. h. des Abstandes des Wasserniveaus von der Oberkante der Ausflussöffnung. m	Breite der Ausflussöffnung $b = 0,2$ m.						$b = 0,6$ m.	
	Höhe der Ausflussöffnung in Metern $a =$							
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,02	0,002
0,02	0,572	0,596	0,616	0,639	0,660	0,695	—	0,643
0,03	0,578	0,600	0,620	0,641	0,659	0,689	0,593	0,642
0,04	0,582	0,603	0,623	0,640	0,659	0,684	0,595	0,642
0,06	0,587	0,607	0,626	0,639	0,657	0,677	0,599	0,641
0,10	0,592	0,611	0,630	0,637	0,655	0,667	0,602	0,639
0,20	0,598	0,615	0,631	0,634	0,649	0,655	0,605	0,635
0,30	0,600	0,616	0,630	0,632	0,645	0,650	0,607	0,633
0,40	0,602	0,617	0,629	0,631	0,642	0,646	0,607	0,631
0,60	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,641	0,607	0,629
1,00	0,605	0,615	0,625	0,627	0,632	0,629	0,605	0,626
1,50	0,602	0,611	0,619	0,621	0,620	0,617	0,602	0,623
2,00	0,601	0,607	0,613	0,613	0,613	0,613	0,602	0,620
3,00	0,601	0,603	0,606	0,607	0,608	0,609	0,601	0,615



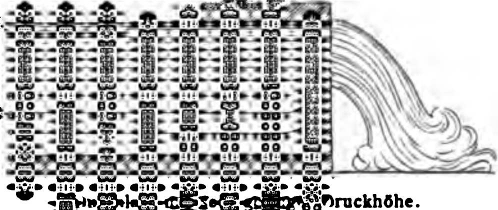
man $m = 0{,}62$, dem Mittel-
[illegible] en, setzen.

[illegible] e, welche durch eine quadra-
[illegible] t, wenn die Druckhöhe über
[illegible] ?

[illegible] der Tabelle $m = 0{,}601$; dem-

[illegible] $= 0{,}154$ cbm

[illegible] e, welche durch den weiter
[illegible] abfliesst, ist es von Wichtig-
[illegible] ient wird, wenn die Druck-
[illegible] 20). In diesem Falle würde
[illegible] bar an der Ausflussöffnung



[illegible] Druckhöhe.

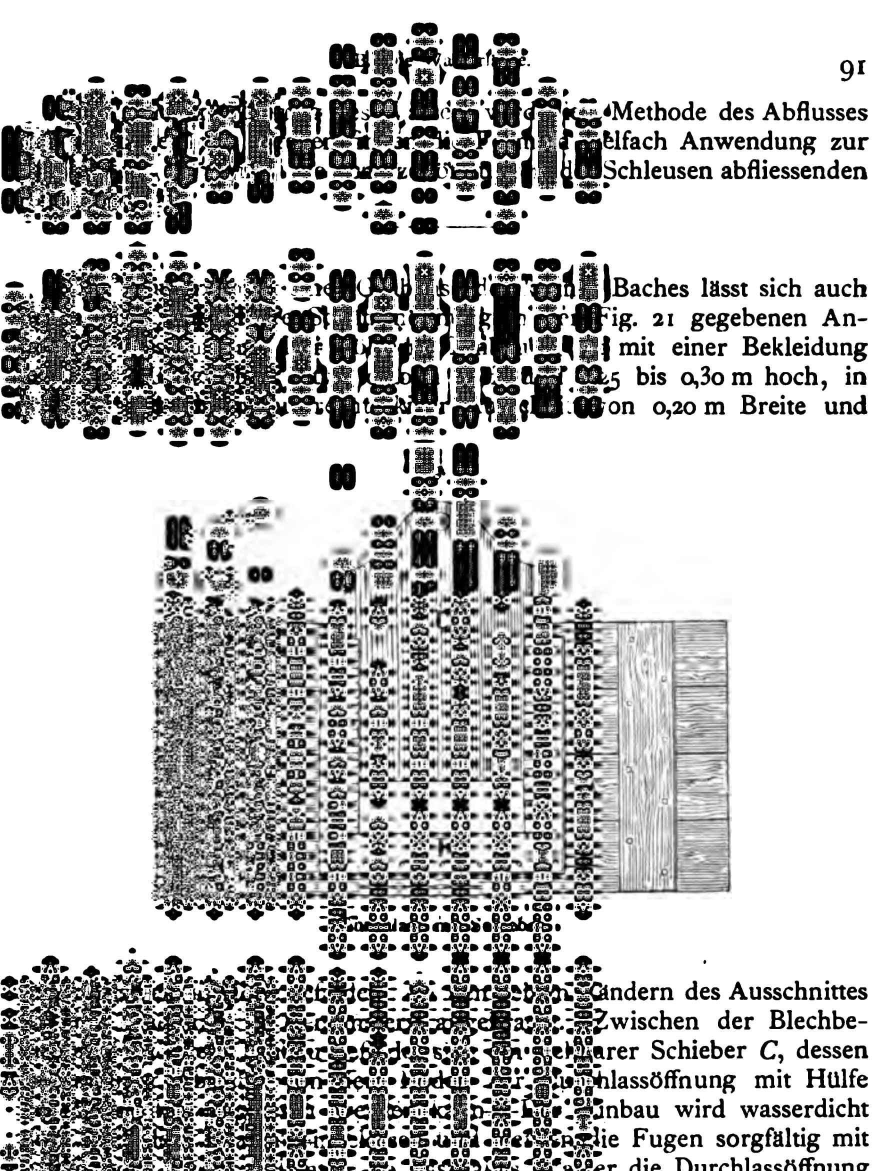
[illegible] ngen, welche Poncelet und
[illegible] sich der Ausflusscoëfficient

[illegible]		$b = 0{,}02$ m		$b = 0{,}06$ m
[illegible] flussöffnung				
[illegible]	[illegible]	0,02	0,01	0,20 m
[illegible]	[illegible]	0,783	0,795	0,586
[illegible]	[illegible]	0,750	0,778	0,587

[illegible] Kante der Durchlassöffnung
[illegible] n dem unteren und oberen
[illegible] e bei abgeschrägten Kanten

$$[illegible] 38\, ab \sqrt{h}$$

$$[illegible] 12\, ab \sqrt{h}.$$



Methode des Abflusses
elfach Anwendung zur
Schleusen abfliessenden

Baches lässt sich auch
Fig. 21 gegebenen An-
mit einer Bekleidung
5 bis 0,30 m hoch, in
on 0,20 m Breite und

Rändern des Ausschnittes
Zwischen der Blechbe-
barer Schieber *C*, dessen
hlassöffnung mit Hülfe
Einbau wird wasserdicht
die Fugen sorgfältig mit
er die Durchlassöffnung
hten, dass die letztere
kennt, dass das gestaute
noch steht. Die durch-
der Oeffnung und der
sehr geringen Druck-
ssermengen:

Höhe der Durchlass-öffnung m	Wasser-menge in 24 Stunden cbm	Höhe der Durchlass-öffnung m	Wasser-menge in 24 Stunden cbm	Höhe der Durchlass-öffnung m	Wasser-menge in 24 Stunden cbm
0,005	14	0,055	408	0,11	1154
0,010	31	0,060	464	0,12	1315
0,015	58	0,065	524	0,13	1482
0,020	88	0,070	585	0,14	1639
0,025	125	0,075	689	0,15	1837
0,030	164	0,080	715	0,16	2024
0,035	207	0,085	783	0,17	2230
0,040	253	0,090	854	0,18	2415
0,045	301	0,095	926	0,19	2619
0,050	353	0,100	1000	0,20	2829

Da die Wassermenge ungefähr proportional der Breite b der Durchlassöffnung ist, so hat man bei grösserer Breite derselben nur nöthig, die Resultate der Tabelle mit dem Verhältnisse b : 0,20 m zu multipliciren.

Abfluss des Wassers bei veränderlichem Drucke. Das Wasserquantum, welches aus einem Reservoir durch eine Oeffnung abfliesst, ändert sich stetig, sobald der Druck abnimmt. Beim Entleeren von Reservoiren, z. B. dem Ablassen von Teichen, Gerinnen u. s. w., tritt dieser Fall ein, wenn kein neuer Zufluss erfolgt, der die ursprüngliche Druckhöhe constant erhält. Es handelt sich in diesem Falle um die Fragen:

1) In welcher Zeit findet die Entleerung des Reservoirs statt, wenn kein Zufluss erfolgt, und

2) In welcher Zeit sinkt der Wasserstand des Reservoirs um eine bestimmte Höhe?

Bezeichnet

G den als constant vorausgesetzten horizontalen Querschnitt des Reservoirs,

F den Querschnitt der Ausflussöffnung,

h die ursprüngliche Druckhöhe,

h_1 eine geringere Höhe des Wasserstandes,

t die Zeit zum Entleeren des Reservoirs in Secunden,

t_1 die Zeit, um den Wasserstand um die Höhe $h - h_1$ zu senken und

m den Ausflusscoëfficienten, so ist

$$t = 0{,}452 \frac{G}{m F} \sqrt{h},$$

$$t_1 = 0{,}452 \frac{G}{m F} (\sqrt{h} - \sqrt{h_1}).$$

Beispiel 1) Ein im Grundrisse rechteckiges Reservoir von 30 m Länge und 10 m Breite soll durch einen Auslauf von 0,5 m Breite und 0,2 m Höhe entleert werden. Die Druckhöhe beträgt anfänglich 3 m; in welcher Zeit findet die Entleerung statt?

Es ist zu setzen $G = 30 \cdot 10 = 300$ qm, $F = 0{,}5 \cdot 0{,}2 = 0{,}1$, $m = 0{,}6$; demnach ergiebt sich

$$t = \frac{0{,}452 \cdot 300 \cdot \sqrt{3}}{0{,}6 \cdot 0{,}1} = 3909{,}8 \text{ Secunden} = 1 \text{ Stunde } 5 \text{ Minuten } 9 \text{ Secunden.}$$

2) In welcher Zeit sinkt der Wasserstand in dem nämlichen Reservoir um 1,5 m, wenn die ursprüngliche Druckhöhe wiederum 3 m beträgt?

Es ist zu setzen:

$$t_1 = \frac{0{,}452 \cdot 300 \cdot (\sqrt{3} - \sqrt{1{,}5})}{0{,}6 \cdot 0{,}1} = 1145{,}8 \text{ Secunden} = 19 \text{ Minuten } 5 \text{ Secunden.}$$

Complicirter wird die Rechnung, wenn das Reservoir keine regelmässige Gestalt besitzt, sondern wenn, wie dies bei Teichen in der Regel der Fall ist, der Horizontalschnitt G veränderlich ist. In diesem Falle theilt man das Reservoir in eine Anzahl gleich hoher Schichten und berechnet den Ausfluss annäherungsweise mit Hülfe der Simpson'schen Regel. Sind z. B. G, G_1 und G_2 drei Horizontalschnitte, je zwei um $\frac{s}{2}$ von einander entfernt, sind ferner h, h_1 und h_2 die Höhen dieser Schichten über der Ausflussöffnung F, so ist

$$t = \frac{0{,}0376\, s}{m\, F} \left(\frac{G}{\sqrt{h}} + \frac{4\, G_1}{\sqrt{h_1}} + \frac{G_2}{\sqrt{h_2}} \right)$$

und

$$Q = \frac{s}{6} (G + 4\, G_1 + G_2).$$

Beispiel. In welcher Zeit sinkt der Spiegel eines Reservoirs um 1 m, wenn sein Horizontalquerschnitt bei der anfänglichen Druckhöhe von 6 m 60000 qm, bei der Druckhöhe von 5,5 m 56000 qm und bei der Druckhöhe von 5 m 50000 qm beträgt, wenn ferner der Querschnitt des Abzugsgerinnes 0,08 qm und der Ausflusscoëfficient 0,5 beträgt?

Es ist

$$t = \frac{0{,}0376}{0{,}5 \cdot 0{,}08} \left(\frac{60\,000}{\sqrt{6}} + \frac{4 \cdot 56\,000}{\sqrt{5{,}5}} + \frac{50\,000}{\sqrt{5}} \right)$$
$$= 0{,}94 \cdot 142\,373 = 133\,830 \text{ Secunden} = 37 \text{ Stunden } 10\tfrac{1}{2} \text{ Minuten.}$$

Das Ausflussquantum in dieser Zeit beträgt

$$Q = \frac{1}{6} (60\,000 + 4 \cdot 56\,000 + 50\,000) = 55\,666 \text{ cbm.}$$

Anmerkung. Bei sehr unregelmässiger Gestalt des Teiches ist es erforderlich, mehr als 3 Horizontalschnitte durch denselben zu legen, z. B. 4 oder 6. Die bezüglichen Berechnungen sind ausführlich enthalten in Weisbach's Ingenieur- und Maschinenmechanik, 5. Auflage, bearbeitet von G. Hermann, Seite 1070 u. f.; Braunschweig 1875. Ebendaselbst, Seite 1071 ist auch eine

Formel entwickelt, nach welcher das Sinken oder Steigen des Wasserspiegels eines Teiches bei Zu- und Abfluss berechnet werden kann. Die eingehendsten Erörterungen über den Abfluss des Wassers aus Reservoiren befinden sich in dem Werke von Graeff: Mémoire sur le mouvement des eaux dans les réser voirs à alimentation variable; Paris 1873.

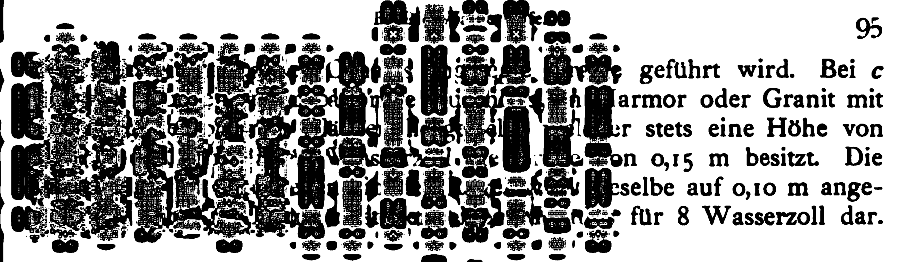
Messung des Wassers durch den Wasserzoll.

Zur Messung des fliessenden Wassers bedient man sich häufig als Masseinheit der Wassermenge, welche durch einen bestimmten Querschnitt bei bekanntem, in der Regel sehr kleinem und jedenfalls constantem Drucke in der Zeiteinheit ausfliesst. In denjenigen Ländern, in welchen das zur Acker- und Wiesenbewässerung verwendete Wasser von den Grundbesitzern direct bezahlt werden muss, ist diese Methode der Wassermessung vielfach üblich. Der bezügliche Apparat heisst Wasserzoll, Wasserunze oder Modulus. Namentlich in Italien sind diese Messapparate in Anwendung und zwar in den verschiedensten Abmessungen, welche in neuerer Zeit gesetzlich festgestellt wurden. Auch bei den Bewässerungsanlagen in Spanien, im südlichen Frankreich und in der belgischen Campine hat man wiederholt diese Apparate eingeführt; jedoch wird von denselben bei Weitem nicht der umfassende Gebrauch gemacht wie in der Lombardei und in Piemont.

Der älteste Modulus war die Unze von Michellotti, bei welcher nur der Querschnitt des Ausflusses, nicht aber die Längen- und Breitendimensionen desselben festgesetzt waren. Die Oberkante der Ausflussöffnung sollte in der Höhe des Normal-Wasserstandes liegen. Vollkommener war bereits die Unze von Caluso (Modulus von Piemont), zuerst von dem Ingenieur Contini angewendet; dieselbe hatte eine Ausflussöffnung von 0,128 m Breite und 0,171 m Höhe; die Druckhöhe betrug 0,08 m. Diese Unze lieferte in der Secunde 0,0239 cbm Wasser.*)

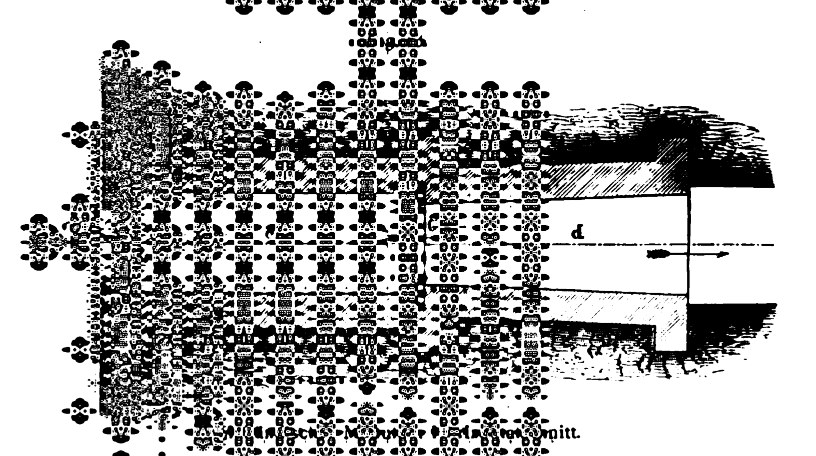
Der Mailändische Modulus, construirt im Jahre 1572 von Soldati, ist in Fig. 22 im Längenschnitte und in Fig. 23 im Horizontalschnitte dargestellt. Die bedeckte Kammer *a* kann gegen den Speisecanal durch eine Schütze *b* abgesperrt werden; die Sohle derselben ist allmählig ansteigend, wodurch die Geschwindigkeit des durchfliessenden Wassers vermindert wird. Dieselbe soll womöglich in dem nämlichen Niveau liegen wie die Sohle des Canales, aus welchem das Wasser entnommen wird. Die Kammer *a* ist in der Regel mit einem Gewölbe überspannt, über

*) Einige Angaben über die Abmessungen der Wasserunzen habe ich der Schrift: „Die Bewässerungsanlagen Oberitaliens" von Hess, Seite 34 u. f. entnommen; die ausführlichsten Angaben über die Anordnung dieser Messapparate enthalten ausser diesem folgende Werke: Italian Irrigaton by R. Baird Smith, Second Edition, Vol. II; London 1855; ferner Elements of Practical Hydraulics by Samuel Downing, Part I; London 1875, und: Das landwirthschaftliche Meliorationswesen Italiens von Eduard Markus, Seite 26; Wien 1881.



… geführt wird. Bei *c*
… armor oder Granit mit
… r stets eine Höhe von
… on 0,15 m besitzt. Die
… eselbe auf 0,10 m ange-
… für 8 Wasserzoll dar.





… des durch die Oeffnung
… dem Wasserstande im
… erden soll, wenn die
… ht zu erhebliche sind.
… r Schütze *b* eine Regu-
… or Beginn der Bewässe-

… auf 0,1487 m, die Höhe
… 0,0991 m an. Die obigen
… ation, II. Theil, Seite 155

rungsperiode derartig eingestellt, dass der Wasserdruck constant und in dem richtigen Ausmasse verbleibt. Um ein willkürliches Anheben der eingestellten Schütze zu verhindern, wird dieselbe an einem Querriegel angeschlossen. Bei *d* tritt das Wasser mit geringem Sohlengefälle der an dem Durchlasse anschliessenden offenen Kammer aus dem Messapparate heraus und gelangt in den Bewässerungscanal.

Der Apparat ist stets in Mauerwerk und in sehr solider Ausführung hergestellt. Die Länge der bedeckten Kammer wird verschieden angenommen; im Durchschnitte beträgt dieselbe 6 m.

Die Wasserabgabe eines solchen Modulus für eine Unze bestimmt sich nach der Formel

$$Q = m\,a\,b\sqrt{2\,g\,h.}$$

Setzen wir *m*, entsprechend der Tabelle auf Seite 89 = 0,6, die Druckhöhe $h = 0{,}2$, dem Abstande der Mittelachse der Durchflussöffnung von dem Niveau, so erhalten wir

$$Q = 0{,}6 \,.\, 0{,}2 \,.\, 0{,}15 \sqrt{2 \,.\, 9{,}81 \,.\, 0{,}2} = 0{,}0356 \text{ cbm} = 35{,}6 \text{ l.}$$

Dieses Resultat stimmt mit den Angaben vieler Italienischen Ingenieure und Nadault de Buffon's überein, welche die Durchgangsmenge einer Mailändischen Unze auf 34,5 bis 38 l pro Secunde beziffern*). Angaben, welche dieselbe erheblich höher feststellen, haben nicht einen Wasserzoll, sondern eine grössere Anzahl derselben im Auge. Allgemein ist es nämlich üblich, das Durchfliessen von *n* Wasserzoll durch den Apparat dadurch zu erwirken, dass man bei constanter Höhe von 0,20 m die Breite auf 0,15 *n* m festsetzt. Innerhalb gewisser Grenzen wird hierdurch kein merklicher Fehler entstehen: anders stellt sich aber das Resultat, wenn man, wie es bei den Wasserabgaben des Naviglio Grande wiederholt vorkommt, aus einem Modulus 30 bis 36 Unzen Wasser entnimmt. Es liegt auf der Hand, dass sich jetzt das Wasserquantum vergrössert, in dem Masse wie die Contraction desselben und die Reibung an den Austrittswandungen geringer wird. Diese hängen vornehmlich ab von dem Verhältnisse des benetzten Umfanges zu dem Querschnitte der Austrittsöffnung; je kleiner dieses Verhältniss wird, desto grösser ist die Wassermenge und zwar steigt dieselbe nahezu in dem nämlichen Verhältnisse. Die folgende Tabelle bringt dies aufs deutlichste zur Anschauung.

---

*) Der Civil-Codex des Königreiches Italien, genehmigt am 30. November 1865, bestimmt in § 622 über den Wasserzoll:

„Bei neuen Concessionen, zu welchen ein constantes Volumen von Wasser bestimmt ist, muss dasselbe stets in Modul angegeben werden.

Der Modul ist die Einheit des fliessendes Wassers und ist eine Wassermenge von 100 l in der Secunde, und wird in $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$ eingetheilt.“

Es gilt dieses Mass jedoch nur bei neuen Verträgen für die Wasserabgabe und für Concessionen; eine wirkliche Ausführung des Modulus für 100 l ist damit nicht beabsichtigt.

Tabelle über die Abmessungen des Mailändischen Modulus für 1 bis 30 Unzen.

Breite der Oeffnung in Mailändischen Unzen.	Abmessungen.		Quer-schnitt.	Umfang.	Verhältniss des Umfanges zum Querschnitte.
	Höhe. m	Breite. m	qm	m	
1	0,20	0,15	0,03	0,70	23,33
2	0,20	0,30	0,06	1,00	16,66
3	0,20	0,45	0,09	1,30	14,44
4	0,20	0,60	0,12	1,60	13,33
5	0,20	0,75	0,15	1,90	12,66
6	0,20	0,90	0,18	2,20	12,22
7	0,20	1,05	0,21	2,50	12,09
8	0,20	1,20	0,24	2,80	11,66
9	0,20	1,35	0,27	3,10	11,48
10	0,20	1,50	0,30	3,40	11,33
15	0,20	2,25	0,45	4,90	10,90
20	0,20	3,00	0,60	6,40	10,66
25	0,20	3,75	0,75	7,90	10,53
30	0,20	4,50	0,90	9,40	10,44

Aus der letzten Columne dieser Tabelle ist zu ersehen, in welchem Grade der Factor, der die Contraction und die Reibung des abfliessenden Wassers beeinflusst, abnimmt und dass bereits bei einer Breite des Wasserzolles gleich 8 Unzen das Verhältniss $\frac{h}{F}$ halb so gross ist wie bei einer Unze. Es gilt desshalb als Regel, dass man die Oeffnungen nicht zu breit macht, wenn man einige Garantie für die Zuverlässigkeit der Messung besitzen will. Bei der Wasserabgabe aus den Lombardischen Staatscanälen besteht die Vorschrift, dass der Modul für höchstens 6 Unzen gebaut werden darf. Für grössere Wassermengen müssen demnach mehrere von einander unabhängige Kammern angelegt werden.

Man kann mithin den Modulus nur für kleine Wassermengen mit einiger Sicherheit verwenden und eignet er sich demnach in der hier beschriebenen Form nur unvollkommen für Wiesenbewässerungen, welche grössere Mengen Wasser bedürfen, wie dies in unseren Gegenden zumeist der Fall ist. Für einen Abfluss von 500 l pro Secunde und darüber, wie er bei unseren ausgedehnten Anlagen oft gebraucht wird, ist die Benutzung des Modulus nicht zu empfehlen.

Ein weiterer Uebelstand dieses Apparates besteht darin, dass er ein für ebene Lagen nicht unbeträchtliches Gefälle absorbirt, wodurch die am höchsten gelegenen Flächen von der Aufleitung des Wassers leicht ausgeschlossen werden könnten.

Endlich sind die erheblichen Kosten des Modulus zu berücksichtigen. Die Anlage desselben für 2 bis 3 Unzen kostet nach Markus 2500 bis 3000 Lire; nach anderen Angaben in Mittel 2200 Lire.

Anmerkung. Die neueren am Canal Cavour angewendeten Wassermesser, theils mittelst eines Ueberfalles, theils mit rectangulären Wandausschnitten, sind in dem erwähnten Markus'schen Werke beschrieben und mittelst detaillirter Zeichnungen erläutert. Beide neueren Systeme ergeben einen geringeren Gefällsverlust als der Mailänder Modulus und gewährt der Ueberfall speciell den Vortheil, dass er für beliebig grosse Wassermengen mit gleich bleibender Genauigkeit in Anwendung gebracht werden kann. Die Kosten desselben für 3 Unzen betragen etwa 1500 Lire.

Für das Messen sehr kleiner Mengen fliessenden Wassers, z. B. der Quellen oder des Abflusses aus den Drainröhren, letzteres zum Zwecke der Ermittlung der von einer Drainanlage abzuführenden Wassermenge, bedient man sich entweder der Apparate, welche auf dem Principe des Modulus beruhen, oder selbstthätiger Registrirapparate nach Art der Wagen.

Erstere entleeren das Wasser gewöhnlich aus kreisrunden Oeffnungen, wobei die Druckhöhe die möglich kleinste ist. Im Speciellen nennt man die Einheit des Masses den Wasserzoll und versteht darunter den Wasserstrahl, welcher durch eine kreisrunde Oeffnung von 1 Zoll Durchmesser in einer dünnen und senkrechten Wand unter dem möglich kleinsten Drucke abfliesst. Letzteres erreicht man durch eine Anordnung, welche bewirkt, dass das Wasser nicht höher als bis zum oberen Rande der Oeffnung steigen kann. Selbstverständlich ist nach den vorangegangenen Betrachtungen, dass dieses Mass nicht genau ist und es werden auch in der That die abfliessenden Mengen ziemlich verschieden angegeben.

Ein Wasserzoll in Pariser Mass soll in der Minute 15 Pinten oder in 24 Stunden 19,19 cbm liefern, 1 Wasserzoll nach rheinländischem Masse (26 mm) soll nach Hagen*) in der Secunde 0,000 186 cbm und in 24 Stunden 16 cbm ergeben.

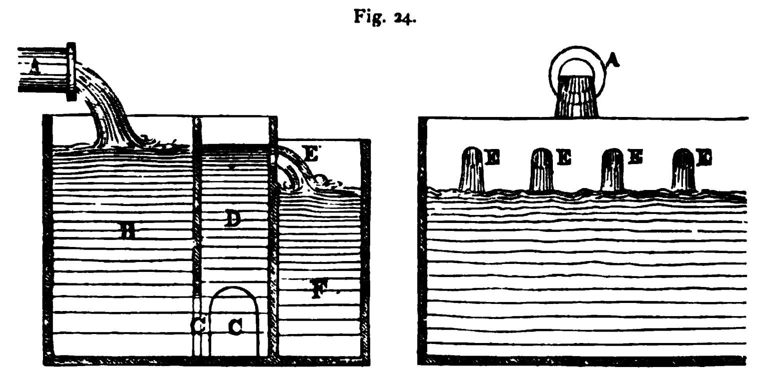
Zur Messung des Wassers mit Hülfe dieses Wasserzolles sind verschiedene Apparate construirt worden. Der verbreitetste derselben ist in Fig. 24 im Quer- und Längendurchschnitte dargestellt. Bei *A* strömt das Wasser aus einer Rinne oder einem Rohre in den Messapparat, welcher aus einem Blechkasten von parallelepipedischer Form besteht. Das Wasser gelangt zunächst in die Abtheilung *B* und fliesst von dieser durch mehrere Oeffnungen *C*, welche in einer Zwischenwand angebracht sind, in den Raum *D*. Die Zwischenwand bewirkt, dass das Wasser in dem letzteren Raume vollständig ruhig steht. Derselbe ist von der Abtheilung *F* wiederum durch eine Wand getrennt, in welcher sich oben eine Anzahl kreisrunder Oeffnungen *E* von 1 Zoll Durchmesser, genau in gleicher Höhe und in gleichem Abstande von einander, befindet. Aus der Abtheilung *F* fliesst das durch die Oeffnungen *E* eintretende Wasser an passender Stelle ab. Die Bodenfläche des Kastens muss genau horizontal stehen, weil sonst die in gleicher Höhe über derselben angebrachten

*) Handbuch der Wasserbaukunst, Band I, Erster Theil, Seite 219.

Oeffnungen nicht gleichen Wasserstand bezw. gleiche Druckhöhe besitzen würden.

Vor dem Ingangsetzen des Apparates sind die sämmtlichen Oeffnungen *E* durch Korkstöpsel geschlossen und findet ein successives Herausnehmen derselben statt, sobald der Kasten *D* bis zur Höhe der Oeffnungen gefüllt ist. Es geschieht dies so lange, bis die durchfliessenden Wasserstrahlen sich von den oberen Rändern der Oeffnungen trennen. Tritt dies z. B. nach dem Oeffnen des sechsten Ausflusses ein, so zeigt dies, dass der Abfluss stärker ist als der Zufluss und dass dieser einer Menge von 5 bis 6 Wasserzollen entspricht. Jetzt lässt man das Wasser fliessen und controllirt nur von Zeit zu Zeit die Gleichmässigkeit des Zuflusses; vermindert

Fig. 24.



Wasserzoll; Verticalschnitte.

sich dieser, so werden die oberen Ränder der Oeffnungen frei. Die Zunahme erkennt man dadurch, dass man noch eine weitere Oeffnung frei macht und hiernach die Ränder beobachtet.

Auf dem nämlichen Principe beruht der von Hervé Mangon construirte Apparat, welchen derselbe vielfach zum Messen des von einer Drainanlage abfliessenden Wassers benutzt hat. Fig. 25 stellt den aus einem Zinkkasten bestehenden Apparat dar, welcher inwendig mit fünf verticalen Scheidewänden versehen ist. Wie die punktirten Linien andeuten, gehen die erste, dritte und fünfte Scheidewand nicht bis zum Boden des Kastens, während die zweite und vierte von diesem nicht vollständig bis zum oberen Rande gehen. Das Wasser ist demnach gezwungen, den von den Pfeilen angedeuteten Weg einzuschlagen, wobei es seine ursprüngliche Geschwindigkeit vollständig verliert. An der dem Einflusse entgegengesetzten Seite des Kastens befindet sich eine Anzahl Oeffnungsreihen nach der in Fig. 26 dargestellten Disposition. In der unteren Reihe ist nur eine Oeffnung, in der folgenden sind zwei, alsdann drei u. s. w. Das Wasser kommt zunächst aus der unteren Oeffnung, hierauf aus der-

so fort zum Abflusse. Ist
aus einer bestimmten Anzahl
pparates lässt sich leicht die
ssen aus der verschiedenen
man nur nöthg hat, von Zeit

Mangon.

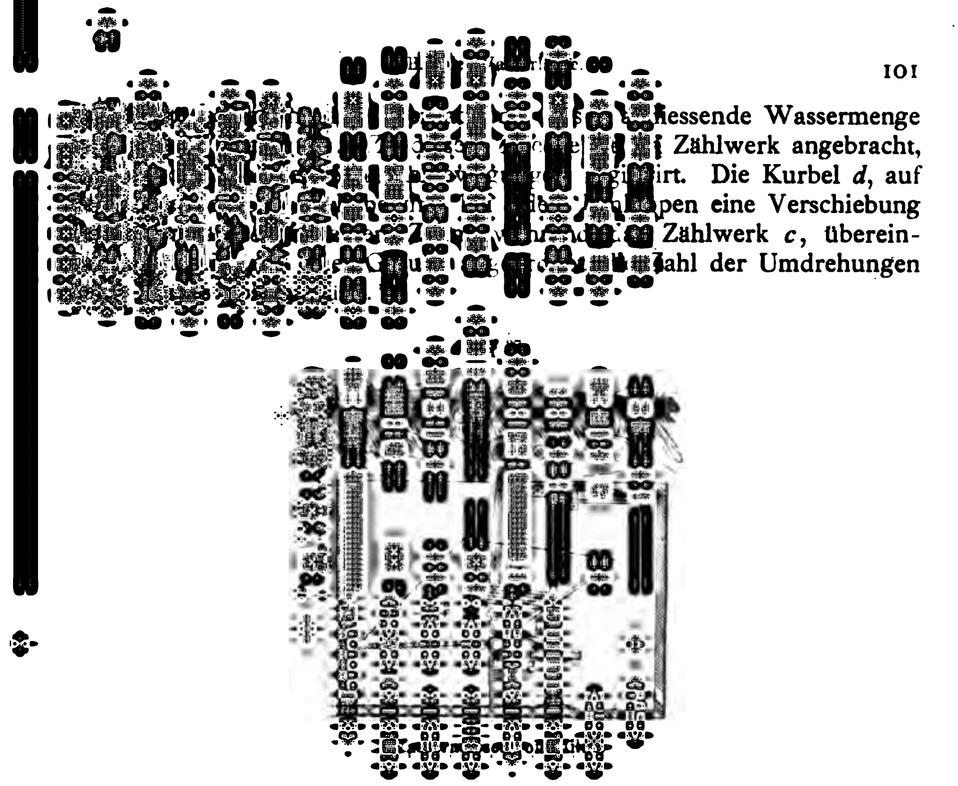
ach der Zahl der arbeitenden
tum zu schliessen.
für das abfliessende Wasser,
ert so lange er in gutem Zu-
te. Von *a* strömt das Wasser

; Stirnwand.

eine Scheidewand getrennten
Zapfen drehbar ist. Sobald *b*
schlägt dieselbe in Folge der
n den Kasten, welcher den
g abzufliessen. Mittlerweile
rauf ebenfalls in den Kasten.
da bei constanten Reibungs-
nämlichen Gewichte Wasser



fliessende Wassermenge
Zählwerk angebracht,
irt. Die Kurbel *d*, auf
pen eine Verschiebung
Zählwerk *c*, überein-
Zahl der Umdrehungen



in Röhren.

Vasserbaus kommt die
nntem Masse und unter
age vor; im Uebrigen
bei Unterführungen,
des Wassers in Röhren
nst glatt und von kreis-
Bewegung des Wassers
Die Leitungsfähigkeit
diese Widerstände sich
istung durch eine Er-
rt werden, wenn ein
es Resultat gewonnen
mässigkeiten im Innern

von Quellen construirten
ter-Lanzendorf, welcher
erleitung in Anwendung
m Werke: Die Wasser-
eite 169; Wien 1873.

eine gewisse Grenze nicht überschreiten, wie z. B. gusseisernen Wasserleitungsröhren oder selbst continuirlichen thönernen Röhrensträngen, ist dies sehr gut möglich; ganz anders ist es aber, wenn die Unregelmässigkeiten einen solchen Grad erreichen, wie dies bei den Drainröhren, der Natur der Sache entsprechend, stets der Fall sein wird. Selbst bei der möglich genauesten Herstellung und Sortirung der Röhren sowie dem sorgfältigsten Legen ist es nicht zu vermeiden, dass einzelne Röhrenstücke verschieden hoch liegen, dass demnach ein steter Wechsel des Gefälles eintritt und dass der innere Durchmesser ein sehr verschiedenartiger ist.

Es würde aus diesem Grunde verfehlt sein, wollten wir hier, wo uns in erster Reihe die Bewegung des Wassers in Drainröhren interessirt, Formeln zu Grunde legen, welche unter gänzlich anderen Voraussetzungen ermittelt wurden, wie z. B. die neueren Formeln von Darcy und Hagen. Wir können uns vielmehr vollständig mit der älteren Eytelwein'schen Formel begnügen, da dieselbe immerhin eine für unsere Zwecke hinlängliche Genauigkeit liefert. Weiter unten soll eine neuere Formel für sorgfältig gearbeitete, continuirliche Röhrenstränge gegeben werden.

Bezeichnet

d den lichten Durchmesser des Rohres,

h die Druckhöhe,

l die Länge des Rohres,

v die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in der Secunde und

Q die Wassermenge, welche das Rohr in der Secunde fördert,

wobei sämmtliche Masse in Metern, Q in Cubikmetern angenommen sind, so haben wir, wie bei der Bewegung des Wassers in Gräben, das geförderte Wasserquantum gleich dem Producte aus dem Querschnitte und der Geschwindigkeit zu setzen, also

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v,$$

und es ist ferner (nach Prony und Eytelwein)

$$v = 3{,}59 \sqrt{\frac{50\, d h}{l + 50\, d}}.$$

Es folgt hieraus

$$h = \frac{v^2 (l + 50\, d)}{644{,}5\, d},$$

$$Q = 2{,}818\, d^2 \sqrt{\frac{50\, d h}{l + 50\, d}}$$

und

$$d = \frac{v^2 l}{644{,}5\, h - 50\, v^2}.$$

Beispiele. 1) Welche Geschwindigkeit besitzt das Wasser in einem Rohre von 0,05 m lichtem Durchmesser bei 1,6 m Gefälle auf 20 m Länge und wie gross ist das in einer Secunde geförderte Wasserquantum?

Es ist:

$$v = 3{,}59 \sqrt{\frac{50 \cdot 0{,}05 \cdot 1{,}6}{20 + 50 \cdot 0{,}05}} = 1{,}51 \text{ m}$$

und danach

$$Q = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}05^2 \cdot 1{,}51}{4} = 0{,}0029 \text{ cbm.}$$

2) Wie gross muss das Gefälle einer Leitung von 0,15 m weiten Röhren sein, damit das Wasser mit einer Geschwindigkeit von 0,25 m in der Secunde fliesse?

Setzen wir $l = 100$ m, so erhalten wir

$$h = \frac{0{,}25^2 \, (100 + 50 \cdot 0{,}15)}{644{,}5 \cdot 0{,}15} = 0{,}069 \text{ m.}$$

Für Drainröhren mit ihren mannigfachen Unregelmässigkeiten wird die Geschwindigkeit und demnach die Leitungsfähigkeit der Stränge noch vermindert werden; in welchem Masse, lässt sich aus dem Grunde nicht mit Sicherheit feststellen, weil die Abweichungen von der normalen Lage stets ausserordentlich verschiedenartig sind, demnach Versuche, welche unter gewissen Verhältnissen, namentlich mit sehr sorgfältig ausgewählten Röhren und bei guter Lage, angestellt wurden, nicht als allgemein zutreffend anerkannt werden können. Es wird aus diesem Grunde nicht correct sein, eine allgemein gültige Formel für die Bewegung des Wassers in Drainröhren aufzustellen, wie dies z. B. von Möllendorf, Wäge und John versucht wurde, deren Formel für die Bewegung des Wassers in Drainröhren in metrischen Massen

$$v = 3{,}59 \sqrt{\frac{46{,}5 \, d h}{l + 46{,}5 \, d}}$$

lautete. Abgesehen davon, dass die Versuchsröhren bei Weitem zu kurz gewählt waren, um zuverlässige Anhaltpunkte zu gewähren*), wurde auch der überaus wichtige Umstand ausser Berücksichtigung gelassen, dass die Abweichungen von der normalen Leitungsfähigkeit sich in dem Masse vermindern wie der Röhrendurchmesser zunimmt. Die Unregelmässigkeiten sowohl in der Form der Röhren als auch beim Legen derselben sind am beträchtlichsten bei den kleinen Calibern; es muss demnach dieser Umstand zum Ausdrucke gelangen, wenn man durch die Rechnung Resultate erzielen will, welche einigermassen mit den thatsächlichen Verhältnissen übereinstimmen. Desshalb ist es am angemessensten, die Formeln für die Bewegung des Wassers in Drainröhren mit einem Coëfficienten, dem Draincoëfficienten, zu corrigiren, welcher mit dem Durchmesser der Röhren steigt. Nennen wir denselben $\frac{a}{b}$, so würden die Formeln lauten:

*) Die Länge derselben betrug nur 7,4 m, während die neueren Untersuchungen Darcy's z. B. an Röhrensträngen von über 100 m Länge angestellt wurden.

$$v = 3{,}59 \frac{a}{b} \sqrt{\frac{50\,d\,h}{l + 50\,d}},$$

$$h = \frac{v^2\,b^2\,(l + 50\,d)}{644{,}5\,d\,a^2},$$

$$Q = 2{,}818\,d^2 \frac{a}{b} \sqrt{\frac{50\,dh}{l + 50\,d}}.$$

Der Werth für $\frac{a}{b}$ beträgt nach dem Vorschlage von Vincent:

für	Drainröhren	von	0,03	m	Durchmesser	$^2/_3$,
"	"	"	0,05	"	"	$^3/_4$,
"	"	"	0,08	"	"	$^4/_5$,
"	"	"	0,10	"	"	$^5/_6$,
"	"	"	0,13	"	"	$^6/_7$,
"	"	"	0,15	"	"	$^7/_8$.

Weitere Drainröhren als solche von 0,15 m Durchmesser werden in der Praxis höchst selten angewendet; bei guter Form und Lage derselben würde man den Draincoëfficienten gleich 1 setzen können.

Für genauere Berechnungen der Leitungsfähigkeit eines Rohres mit inwendig glatten Wänden empfiehlt sich die Benutzung der Weisbach-schen Formel*), welche mit Zugrundelegung von 63 Versuchen in sehr weiten Grenzen der Geschwindigkeit und der Durchmesser der Röhren ermittelt wurde. Bleiben die Bezeichnungen die nämlichen wie oben und bedeutet λ den Reibungswiderstand, so lautet die Formel:

$$v = \frac{\sqrt{2\,gh}}{\sqrt{1{,}505 + \lambda \frac{l}{d}}}.$$

Der Reibungscoëfficient λ ist abhängig von v und zwar in der Beziehung

$$\lambda = 0{,}01439 + \frac{0{,}0094711}{\sqrt{v}}.$$

Die Werthe von λ für verschiedene Geschwindigkeiten sind in der folgenden Tabelle gegeben, in welcher die ganzen Meter der Geschwindigkeit in der ersten Vertical-, die Zehntel in der ersten Horizontal-Zeile aufgeführt sind. Am Schnittpunkte beider Zeilen ist der entsprechende Werth von λ zu finden.

*) Die Entwicklung dieser Formel in Weisbach's Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, Fünfte Auflage, Erster Theil, Seite 1013.

Tabelle der Reibungscoëfficienten λ bei der Bewegung des Wassers in Röhren.

Ganze Meter. v	Zehntel Meter. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0,0443	0,0356	0,0317	0,0294	0,0278	0,0266	0,0257	0,0250	0,0244
1	0,0239	0,0234	0,0230	0,0227	0,0224	0,0221	0,0219	0,0217	0,0215	0,0213
2	0,0211	0,0209	0,0208	0,0206	0,0205	0,0204	0,0203	0,0202	0,0201	0,0200
3	0,0199	0,0198	0,0197	0,0196	0,0195	0,0195	0,0194	0,0193	0,0193	0,0192
4	0,0191	0,0191	0,0190	0,0190	0,0189	0,0189	0,0188	0,0188	0,0187	0,0187

Aus der Weisbach'schen Formel ergiebt sich

$$h = \frac{v^2}{2g}\left(1{,}505 + \lambda \frac{l}{d}\right)$$

und der Durchmesser eines Rohres, welches bei einem gegebenen Gefälle ein bestimmtes Wasserquantum liefern soll,

$$d = 0{,}6075 \sqrt[5]{(1{,}505\, d + \lambda\, l)\, \frac{Q^2}{h}}.$$

Bei der Benutzung dieser Formeln ist der Werth von λ durch eine vorläufige Berechnung festzustellen und in die Formel einzusetzen, wodurch die Ermittlung der gesuchten Werthe zeitraubender wird als bei der, freilich ungenaueren Eytelwein'schen Formel.

Beispiel. Welche Wassermenge fördert ein Rohr von 0,05 m lichtem Durchmesser bei einem Gefälle von 8 m auf 100 m Länge?

Setzen wir vorläufig $\lambda = 0{,}020$, so ergiebt sich

$$v = \frac{\sqrt{2 \,.\, 9{,}81 \,.\, 8}}{\sqrt{1{,}505 + 0{,}02\, \frac{100}{0{,}05}}} = 1{,}94 \text{ m}.$$

Der dieser Geschwindigkeit entsprechende Reibungscoëfficient ist jedoch 0,0213; demnach erhält man genauer

$$v = \frac{\sqrt{2 \,.\, 9{,}81 \,.\, 8}}{\sqrt{1{,}505 + 0{,}0213\, \frac{100}{0{,}05}}} = 1{,}88 \text{ m}.$$

Es ergiebt sich also das Wasserquantum

$$Q = \frac{3{,}14 \,.\, 0{,}05 \,.\, 0{,}05 \;\; 1{,}88}{4} = 0{,}00368 \text{ cbm } (3{,}68 \text{ l}).$$

Für hölzerne Röhren fand Weisbach den Widerstandscoëfficienten 1,75 mal so gross als für Metallröhren, auf welche sich die oben angegebenen Werthe von λ beziehen. Es würde sich danach die in dem Beispiele ermittelte Geschwindigkeit für hölzerne Leitungsröhren wie folgt modificiren:

$$v = \frac{\sqrt{2 \,.\, 9{,}81 \,.\, 8}}{\sqrt{1{,}505 + 0{,}0213 \,.\, 1{,}75\, \frac{100}{0{,}05}}} = 1{,}43 \text{ m}.$$

und die bezügliche Wassermenge

$$Q = \frac{3{,}14 \,.\, 0{,}05 \,.\, 0{,}05 \,.\, 1{,}43}{4} = 0{,}00281 \text{ cbm } (2{,}81 \text{ l}).$$

Es bleibt noch festzustellen, welche Modificationen die Bewegung des Wassers in Röhren erleidet, bei denen ein Wechsel des Gefälles, des Querschnittes oder der Richtung des Stranges eintritt.

Wir ziehen hier bei der grossen Mannigfaltigkeit der möglichen Fälle nur diejenigen in Betracht, welche bei den Constructionen des landwirthschaftlichen Wasserbaus häufiger vorkommen.

Einfluss des Gefällswechsels. Bei Drainanlagen tritt zuweilen der Fall ein, dass der Röhrenstrang kein gleichmässiges sondern ein wechselndes Gefälle besitzt. Oft bedingt es die wellenförmige Beschaffenheit der Oberfläche, dass Gefällsbrüche angeordnet werden müssen, damit die Lage der Röhren sich möglichst der Form der Oberfläche anschliesse und nicht an einzelnen Stellen zu tiefe Gräben zu erstellen sind oder die Röhren zu flach zu liegen kommen. Hier kann es vorkommen, dass das Rohr aus einem schwachen in ein stärkeres Gefälle übergeht oder umgekehrt aus einem starken in ein schwächeres. Der erste Fall ist jedenfalls der günstigere; der Abfluss des Wassers durch den unteren Theil mit stärkerem Gefälle wird in keiner Weise behindert und es werden sich der Bewegung des Wassers keine hindernden Momente entgegenstellen, sobald überhaupt das Wasser in dem Rohrtheile mit schwachem Gefälle die erforderliche Minimalgeschwindigkeit, von welcher in dem Abschnitte III die Rede sein wird, erhalten hat. Ungünstiger stellt sich die Sachlage bei dem sehr häufig vorkommenden zweiten Falle. Oft muss einem Drainstrange in seinem unteren Theile ein geringeres Gefälle gegeben werden als oben, namentlich bei ungenügender Vorfluth und es entsteht die Frage, welchen Einfluss dieser Umstand auf die Geschwindigkeit des Wassers ausübt. Das Wasser ist ein nahezu unelastischer Körper; die Wirkung desselben in dem oberen Theile des Rohres, welches ein stärkeres Gefälle besitzt, auf das Wasser in dem unteren Theile mit schwachem Gefälle ist zu vergleichen mit der Stosswirkung unelastischer Körper, welche sich mit verschiedener Geschwindigkeit bewegen. Der Fall ist also ganz in gleicher Weise zu betrachten, wie wenn ein in constantem Gefälle liegendes Rohr sich plötzlich erweitert. Auch hier stossen die in dem engeren Theile in schneller Bewegung begriffenen Wasserelemente auf die sich in dem weiten Rohre langsamer bewegenden Theile und es findet durch die Stosswirkung ein Verlust an Geschwindigkeit bezw. an Druckhöhe statt, welcher durch die bei dem Stosse erzeugte wirbelnde Bewegung des Wassers verbraucht wird. Die Geschwindigkeit des Wassers wird demnach in dem unteren Theile des Rohres verringert, welcher Verlust einem solchen an Druckhöhe gleich zu achten ist. Derselbe beträgt nach Weisbach

$$h = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g},$$

wenn v_1 und v_2 die Geschwindigkeiten des Wassers in den beiden Röhrentheilen bezeichnen.

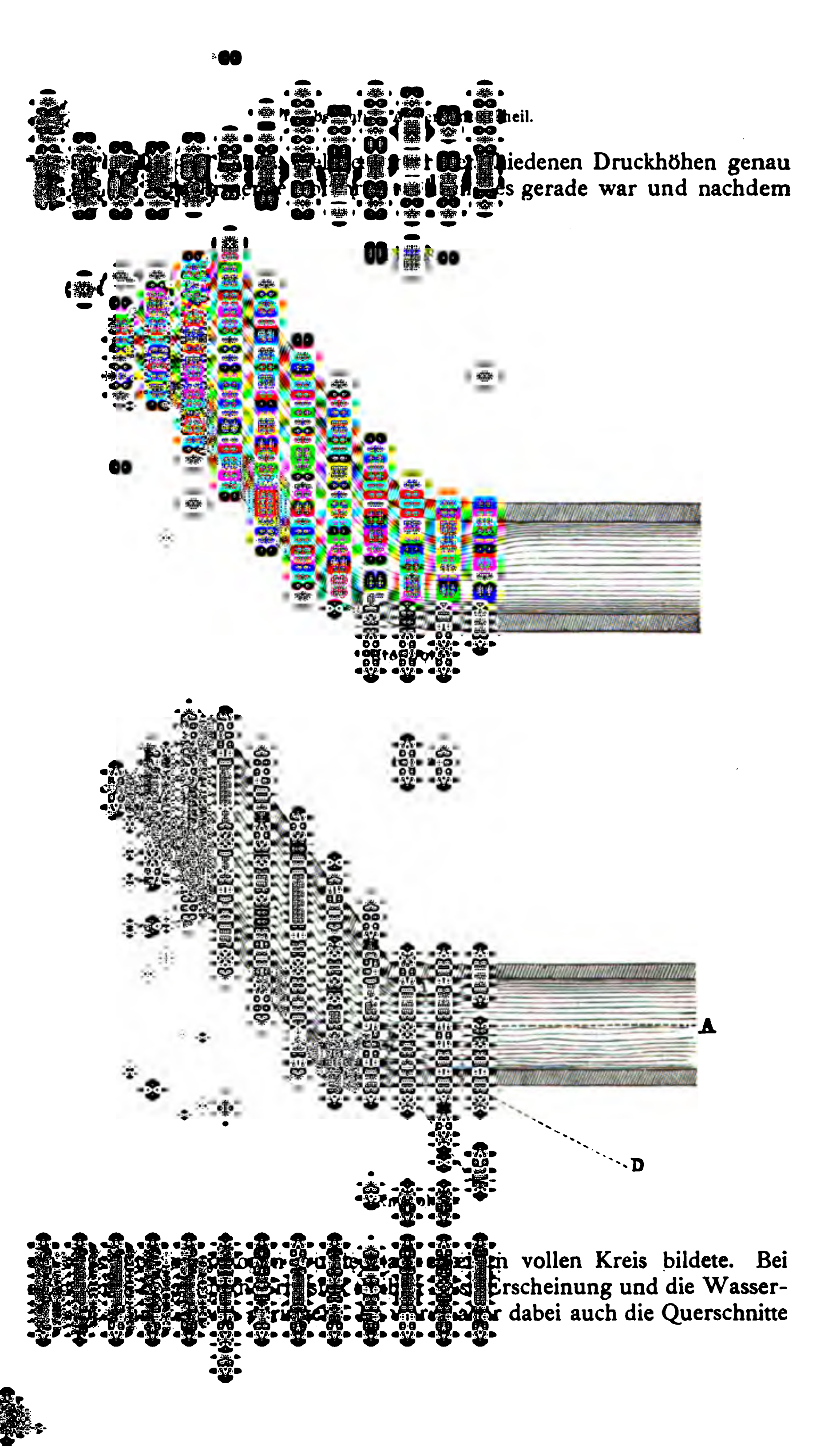
Einfluss von Verengungen. In gleicher Weise können Verengungen in den Röhren einen hindernden Einfluss auf die Bewegung des Wassers ausüben. Dieser Fall tritt namentlich bei Drainröhren häufig ein, theils durch schlechte Beschaffenheit der Röhren, theils durch mangelhafte Lage, wobei besonders der Umstand sich nachtheilig geltend machen kann, dass einzelne Röhren sich nach dem Legen in Folge unsicheren Auflagers gesenkt haben; schliesslich und hauptsächlich aber durch Verstopfungen im Innern der Röhren, verursacht durch Einwachsen von Wurzeln von Bäumen oder Culturgewächsen, Algenbildung oder Niederschlägen aus den mit dem Drainwasser mitgeführten Stoffen. Für die Beurtheilung dieser Verstopfungen in Bezug auf die hierdurch veränderte Geschwindigkeit des Wassers und die Leitungsfähigkeit des Rohres ist folgende Erfahrung massgebend:

Bringt man in einem gleichmässig cylindrischen Röhrenstrange eine künstliche Verengung an, so äussert diese auf die Bewegung des Wassers einen sehr verschiedenen Einfluss, je nachdem sie sich in der Mitte des Röhrenstranges oder am Ende desselben befindet. Im ersteren Falle muss das Wasser in Folge der Verengung eine stärkere Geschwindigkeit in der Richtung des Rohres annehmen, welche aber weiter abwärts zur Ueberwindung der Widerstände in demselben verwendet wird. Um dies zu constatiren, brachte Hagen*) in der Mitte eines cylindrischen Rohres eine starke Verengung an. Dieselbe hatte auf die bei gewissem Drucke durchfliessende Wassermenge nur einen sehr geringen und kaum merkbaren Einfluss. Als jedoch diese theilweise Sperrung an das Ende des Rohres verschoben wurde, verminderte sich die durchfliessende Wassermenge sogleich sehr bedeutend, weil die grosse Geschwindigkeit, welche sich daselbst bildete, nunmehr die Bewegung des Wassers in dem Rohre nicht mehr befördern konnte, also die darauf verwendete lebendige Kraft vollständig verloren war.

Einfluss gekrümmter Röhren. Setzt sich ein Rohrstrang aus zwei Theilen unter einem mehr oder minder grossen Winkel zusammen, so sind die Fälle zu unterscheiden, wo der Uebergang der beiden Theile ein allmähliger wie Fig. 28 oder ein plötzlicher wie Fig. 29 ist. Im ersten Falle nennt man das Rohr ein Kropfrohr, im zweiten ein Knierohr. Der hydraulische Vorgang bei der Bewegung des Wassers in diesen Röhren ist ein derartiger, dass sich die Wassermasse in Folge der Centrifugalkraft von der inneren Fläche des zweiten Rohrstückes trennt; es entsteht demnach bei *a* hinter dem Knie oder der Kröpfung ein Wirbel, aus welchem eine verminderte Geschwindigkeit resultirt. Eine solche Geschwindigkeitsverminderung hat die nämliche Wirkung wie eine Verengung des Rohres an der betreffenden Stelle. Bei sanften Krümmungen macht sich übrigens eine Veränderung der Geschwindigkeit kaum merkbar. Hagen beschreibt den Versuch mit einem Rohre von 8,7 mm Durch-

*) Handbuch der Wasserbaukunst, Erster Theil, Erster Band, Seite 191.

…iedenen Druckhöhen genau …s gerade war und nachdem



…n vollen Kreis bildete. Bei …Erscheinung und die Wasser- …r dabei auch die Querschnitte

verändert, hatten elliptische Formen angenommen und sich verkleinert. Hiernach lässt sich annehmen, dass mässige Krümmungen in einer Leitung auf die Geschwindigkeit und Wasserförderung ohne Einfluss sind, besonders bei weiten Röhren.

Ganz anders verhält sich die Leitungsfähigkeit eines scharf gebrochenen Knierohres nach Fig. 29. Der Widerstandscoëfficient m hängt von der Grösse des Ablenkungswinkels ABC ab; bezeichnet α den halben Ablenkungs- oder Bricolwinkel, so ist nach Weisbach's Versuchen an einem Rohre von 0,03 m lichtem Durchmesser

$$m = 0{,}9457 \sin a^2 + 2{,}047 \sin a^4.$$

Danach ergeben sich die Widerstandscoëfficienten für verschiedene Bricolwinkel wie folgt:

$\alpha^0 =$	10	20	30	40	45	50	55	60	65	70
$m =$	0,046	0,139	0,364	0,748	0,984	1,260	1,556	1,861	2,158	2,431

Es entstehen somit bei Knieröhren recht beträchtliche Verluste an der lebendigen Kraft des Wassers und somit der Leitungsfähigkeit der Röhren. Ist das Knie unter einem rechten Winkel geneigt, also $\alpha = 45$ Grad, so ist der entstehende Verlust an Druckhöhe

$$h = m \frac{v^2}{2g} = 0{,}984 \frac{v^2}{2g},$$

d. h. die Druckhöhe wird nahezu um die Geschwindigkeitshöhe vermindert.

Danach muss es als Regel gelten, derartige Knieröhren bei Leitungen zu vermeiden, was bei der Drainage namentlich für die Verbindung der Saug- und Sammeldrains zu beachten ist.



II. ABSCHNITT.

TECHNISCHER WASSERBAU.

A.

DER GRUNDBAU.

Unter Grundbau oder Fundament versteht man denjenigen Theil eines Bauwerkes, welcher demselben die erforderliche Auflage auf dem Terrain schafft und den Druck des Bauwerkes derartig aufnimmt, dass ein Nachsinken desselben zuverlässig verhütet wird. Die Herstellung des Grundbaus heisst die Fundirung. In dem Nachfolgenden handelt es sich ausschliesslich um die Fundirung von kleineren Wasserbauanlagen, als Pfeilern von Schleusen und Brücken sowie ähnlichen Constructionen.

Ein wesentlicher Unterschied in den Fundirungsmethoden ergiebt sich daraus, ob der Grundbau im Trockenen oder unter Wasser herzustellen ist. Im ersteren Falle muss die Baustelle zunächst von dem Wasserzutritte vollständig abgeschlossen und während des Baues trocken erhalten werden; bei der Ausführung des Baus unter Wasser entfällt dieses häufig ziemlich kostspielige Verfahren und genügt an Stelle desselben in der Regel eine einfache Umgrenzung der Baustelle mittelst Spundwände, um die Strömung des Wassers zu verhindern. In neuerer Zeit wird das letztere Verfahren sehr häufig angewendet, während die Fundirung von Wasserbauten im Trockenen vorwiegend Anwendung findet, wenn gleichzeitig mit der Bauherstellung eine Verlegung oder die Neuerstellung des Wasserlaufes stattfindet.

Die Arbeiten beim Grundbau zerfallen in der Abschliessung bezw. Begrenzung der Baustelle, in der Beseitigung etwaiger Hindernisse im Baugrunde und in der Herstellung des Grundbaus durch Roste oder Betonfundirung.

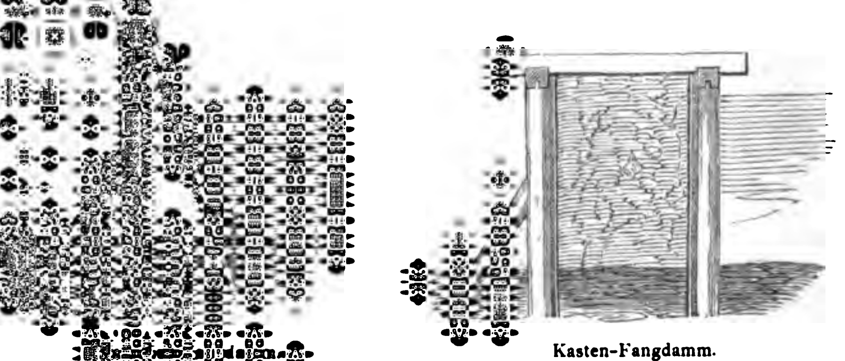
a. Die Abschliessung der Baustelle.

Um eine Baugrube vollständig trocken zu legen, wird dieselbe an denjenigen Seiten, an welchen das Wasser Zutritt hat, mit Fangdämmen umgeben, d. h. mit Bauwerken, in der Regel aus Holz und festgestampfter, dichter Erde combinirt, welche dem Drucke des äusseren Wassers wider-

ss der Baustelle gegen das
urchsickern des Wassers in
blichen Schöpfvorrichtungen
den. So weit wie thunlich
stem Wasserstande aus, so
Höhe erhalten können, vor-
höherer Wasserstände fertig

her Fangdamm nach Fig. 30
ttelst eines Holmes verbun-
rtical oder schräg gestellt,
espundet oder in doppelter,

Fig. 31.



Kasten-Fangdamm.

geordnet werden. Auf der
damm aus möglichst dichtem
Entfernung der Pfähle kann
welche derartige Fangdämme
rdruck wirksam abzufangen,
der Baugrube zuweilen mit

sten-Fangdämme, Fig. 31,
len, oben verholmten Pfahl-
hten Brettern, entweder als
einer doppelten, sich in den
Zur Verbindung der beiden
ungen von 2 bis 2,5 m über
raum wird mit dichter Erde
ch, dass kein Durchsickern
ltet dies am besten dadurch,

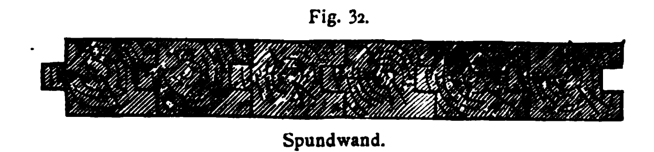


dass man die Bretter etwa 0,5 m in den Boden eintreibt und den Zwischenraum vor der Einfüllung der dichten Erde von allem Schlamm sorgfältig befreit. Für Wassertiefen von 2,5 m giebt man dem Fangdamme etwa dieselbe Stärke, bei grösseren Wassertiefen wird die Stärke zweckmässig gleich der halben Höhe + 1,25 m genommen. Bei sehr beträchtlichen Wassertiefen, also entsprechend hohen Fangdämmen, verstärkt man den Fuss derselben an der Seite der Baugrube durch einen zweiten niedrigeren, in gleicher Anordnung hergestellten Fangdamm. Durch schräg gerichtete Streben giebt man dem Bauwerke die erforderliche Widerstandsfähigkeit gegen den Druck des Wassers.

Wo sich der Fangdamm gegen das Ufer anlehnt, muss derselbe, um an der Anschlussstelle eine sichere Dichtung zu erzielen, möglichst tief in das Ufer eingeschnitten werden, wobei noch durch Anschüttung von Erde die dichte Verbindung zu befördern ist.

Spundwände, aus dicht neben einander stehenden, in der Regel zusammengespundeten Bohlen oder Balken bestehend, können nur bei

Fig. 32.



Spundwand.

Fig. 33.

Spundwand.

sehr geringen Wasserdrucken die Fangdämme ersetzen. Sie dienen vorwiegend zur Sicherung des Bauwerkes gegen Unterspülung und bleiben demnach nach Vollendung desselben stehen, während Fangdämme entfernt werden müssen. Ueberdies finden die Spundwände überall da Anwendung, wo es sich lediglich um eine Verhinderung des Durchströmens des Wassers handelt, wie bei der Betonfundirung. Auch werden sie vielfach errichtet, um das Erdreich gegen das Abrutschen zu sichern.

Spundwände müssen stets derartig tief eingerammt werden, dass ihre oberste Kante stetig unter dem niedrigsten Wasser verbleibt.

Wenn die Bohlen sehr dicht nebeneinander mit gut bearbeiteten Berührungsflächen eingerammt werden, so genügt es häufig zu einem hinlänglich dichten Abschlusse, dieselben stumpf aneinander zu stossen. Die Stärke der zu einer Spundwand benutzten Bohlen soll mindestens 0,10 m betragen, weil man andernfalls die Spundung nicht gut anbringen könnte. Verschiedene Spundungen sind in Fig. 32 bis 33 dargestellt. Fig. 32 zeigt die am häufigsten angewendete quadratische Spundung, bei welcher der Querschnitt der Feder ein Quadrat bildet, dessen Seite gewöhnlich

gleich dem dritten Theile der Pfahlstärke ist. Bei schwächeren Bohlen lässt sich diese Methode nicht gut anwenden, da die Feder leicht abbrechen könnte; in diesem Falle wendet man die in Fig. 33 dargestellte Keilspundung an. Die Vorderkante der Federn darf nicht zu spitz auslaufen, wie dies auf der rechten Seite der Figur gezeichnet ist, sondern nur stumpf und muss zwischen der Feder und der Rückwand der Nuth ein geringer Spielraum verbleiben, damit der dichte Anschluss nicht hier, sondern zwischen den Backen der Federn gebildet wird, wie dies die linksseitige Spundung in Fig. 33 zeigt.

An der unteren Kante werden die Bohlen beiderseits zugeschärft, um beim Einrammen ein leichtes Eindringen in den Boden zu ermöglichen. Hierbei muss die unterste, geschärfte Kante sämmtlicher Bohlen bezw. Balken genau in der Mittelebene der Spundwand liegen. Fig. 34 zeigt

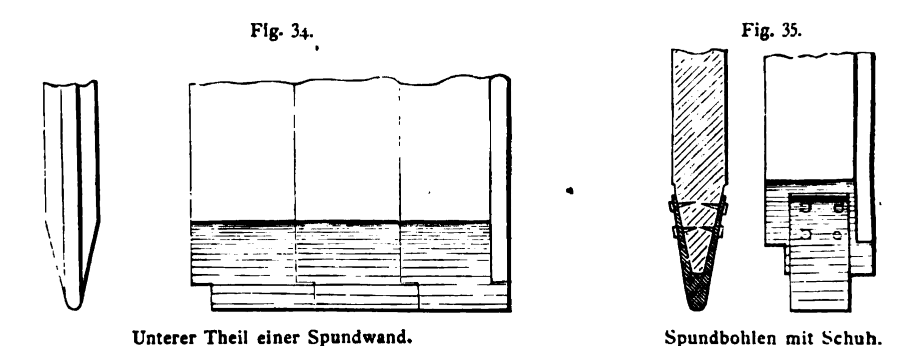


Fig. 34. Unterer Theil einer Spundwand.

Fig. 35. Spundbohlen mit Schuh.

die Anordnung des unteren Theiles einer Spundwand, Fig. 35 in einer bei steinigem Boden zuweilen üblichen Anordnung. Hier werden die einzelnen Spundpfähle mit schmiedeeisernen Schuhen versehen, welche in einer Schneide endigen.

Oben wird die Spundwand mit einem Holme armirt; zu diesem Zwecke erhalten die zu gleicher Höhe abgeschnittenen Spundpfähle je eine Feder, welche in eine entsprechende Nuth des Holmes eingepasst wird. Das zu den Spundwänden zu verwendende Holz darf nicht zu trocken sein, weil es sich sonst leicht werfen und auch beim Wasserzutritte quellen würde.

Damit beim Einrammen der Spundwand die einzelnen Pfähle nicht aus ihrer Richtung kommen, wendet man starke Zwingen an, welche die Wand zusammenhält und ein Ausweichen der Pfähle verhindert.

Trockenlegung der Baugrube. Von den hier in Betracht kommenden Methoden der Trockenlegung sind nur zu erwähnen: 1) Die Ableitung des angesammelten Wassers nach einem tiefer gelegenen Orte, falls ein solcher vorhanden oder ohne zu erhebliche Kosten herzustellen ist. 2) Das Ausschöpfen oder Auspumpen der Baugrube mittelst Schöpfeimer oder Pumpen. Diese letzteren werden, da es sich vorwiegend um wenig

umfangreiche Arbeiten handelt, in der Regel durch Menschenkraft zu betreiben sein; nur ausnahmsweise dürfte es sich empfehlen, das Pumpwerk mittelst eines Göpels oder Dampfkraft zu betreiben. Das Ausschöpfen durch Handeimer, welche etwa 10 l Fassungsraum erhalten müssen, ist zulässig, sobald das Wasser nicht höher als 1,25 m zu heben ist. Bei angemessenen Ruhepausen zwischen der Arbeit kann angenommen werden, dass jeder Arbeiter pro Minute 150 l Wasser heben kann. Etwas höher stellt sich die Leistungsfähigkeit des Arbeiters bei Verwendung der Wurfschaufel, d. h. einer kastenförmigen, vorn flachen Schaufel mit langem Stiele. Mit dieser ist ein Mann im Stande, pro Minute 175 bis 200 l, jedoch nur auf eine Höhe von 1 m, zu heben. Ist eine höhere Leistung erforderlich, so müssen mechanische Hebewerke, am zweckmässigsten Kettenpumpen oder Saug- und Druckpumpen aufgestellt werden. Mittelst der Kettenpumpe kann ein Arbeiter stündlich bei normaler Anstrengung und angemessenen Ruhepausen 2200 l Wasser 4 m hoch heben. Die Leistung des Pumpwerkes (Saug- und Druckpumpe) kann nach der Formel

$$N = \frac{1{,}25 \cdot 1000 \cdot Q\,h}{75}$$

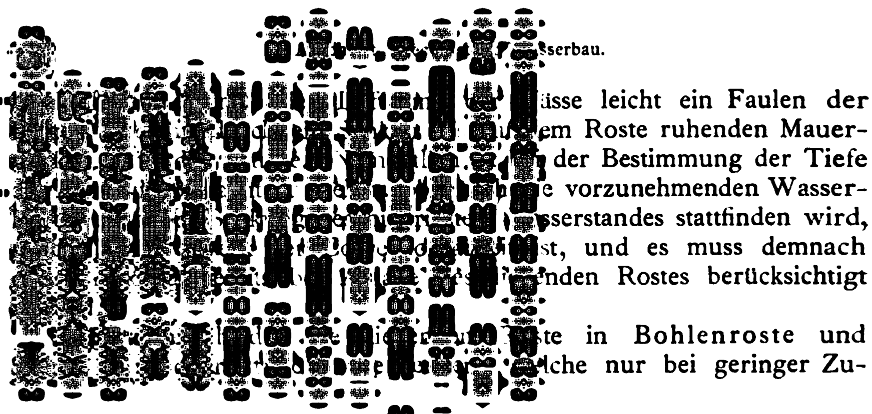
berechnet werden, in welcher N den Arbeitsaufwand in Pferdekraft, Q das secundliche Wasserquantum in Cubikmetern und h die Förderhöhe in Metern bedeuten.

Beseitigung von Hindernissen im Baugrunde. Die Sohle der Baugrube muss von allen Hindernissen sorgfältig befreit werden; namentlich sind Schlamm und Wurzeln zu entfernen, ehe mit der Fundirung begonnen wird. Das Beseitigen des Schlammes erfolgt mittelst Handarbeit und bei erheblicher Wassertiefe mittelst Baggervorrichtungen. Aeltere vorhandene Pfähle müssen herausgehoben oder mittelst Grundsägen abgeschnitten werden. Das Ausziehen von Pfählen, welches übrigens auch bei Neuanlagen zuweilen nothwendig wird, geschieht mittelst eines Wuchtbaumes, mittelst Winden oder starker Schrauben. Der Widerstand der Pfähle gegen das Ausziehen ist in der Regel ebenso gross wie gegen das Einrammen.

b. Die Roste.

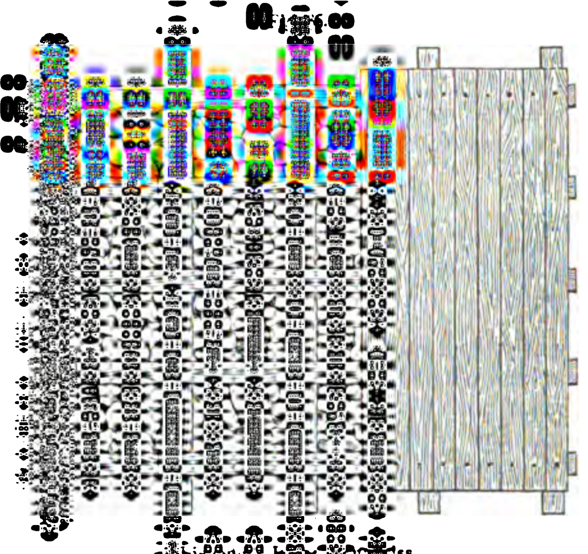
Die Fundirung der Wasserbauwerke auf hölzernen Rosten wendet man bei zusammendrückbarem Boden an, z. B. in Moor- und Schlammboden sowie bei nassem Thonuntergrunde und wenn sich viel Triebsand im Boden befindet. Man unterscheidet liegende Roste und Pfahlroste, von denen erstere flach auf den Baugrund aufgelegt werden, während die Pfahlroste mittelst eingerammter Pfähle getragen werden.

Die liegenden Roste haben eine Verbreiterung der Druckfläche und somit eine Vertheilung des auf dem Boden lastenden Druckes auf eine grössere Fläche zum Zwecke. Dieselben müssen in derartiger Tiefe angelegt werden, dass sie stetig unter Wasser bleiben, weil bei ab-



… üsse leicht ein Faulen der … em Roste ruhenden Mauer- … der Bestimmung der Tiefe … e vorzunehmenden Wasser- … sserstandes stattfinden wird, … st, und es muss demnach … nden Rostes berücksichtigt

… te in Bohlenroste und … lche nur bei geringer Zu-



… ss.

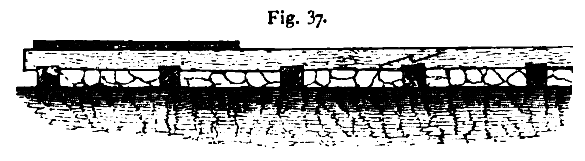
… cher Belastung angewendet … n Längsbohlen mit darunter … ite als das darauf zu errich- … hlen werden die unter den- … r Lehm ausgefüllt. Die Ent- … 1,20 m; die Befestigung der … rch hölzerne Nägel.

… wellenroste, deren Anord- … Querprofile und Fig. 38 im … aus Langschwellen, welche … rke beträgt 0,20 bis 0,30 m. … ämlichen Stärke, welche in … fest auf den Erdboden gelegt … werden die Querschwellen



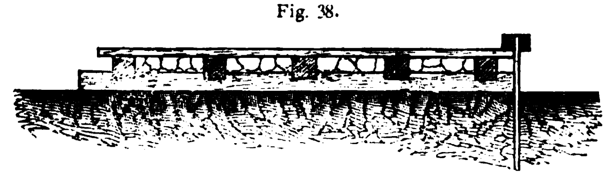
etwa 0,03 m tief eingeschnitten. Auf die ersteren kommt ein Bohlenbelag von 0,08 bis 0,10 m Stärke, welcher mit hölzernen Nägeln befestigt wird. Damit kein Eindrücken des Rostes in den Untergrund und dem zu Folge ein Senken des Grundbaus stattfinde, werden die einzelnen, durch die Lang- und Querschwellen gebildeten Rostfelder sowie der seitliche Raum bis zur Höhe des Bohlenbelages mit einem möglichst festen Material ausgefüllt. Hierzu eignet sich Bauschutt, welcher in kleine Stücke geschlagen und fest in die Zwischenräume hineingestampft wird. Vortheilhaft ist es, wenn man die einzufüllende Steinmasse stark durchnässt, wodurch sich dieselbe stärker zusammenpressen lässt als in trockenem Zustande. Am empfehlenswerthesten, jedoch weit kostspieliger ist es, die Zwischenräume des Schwellenrostes mit Beton auszugiessen.

Fig. 37.



Liegender Rost; Querprofil.

Fig. 38.



Liegender Rost; Längenprofil.

Wo eine Unterspülung des Grundbaus zu befürchten ist, muss der liegende Rost mit einer Spundwand umgeben werden, wie dies in Fig. 38 dargestellt ist. Beide dürfen jedoch nicht im Verbande hergestellt sein, da die Spundwand beim etwaigen Senken des Rostes durch den auf demselben lastenden Druck dieser Senkung nicht folgen könnte, was ein schiefes Setzen und ein Reissen des Mauerwerkes, z. B. eines Brückengewölbes, nach sich ziehen würde.

Die Pfahlroste kommen zweckmässig in Anwendung, wenn ein stark comprimirbarer Boden in beträchtlicher Tiefe aus weichen Erdschichten, z. B. aus durchnässtem Lehm oder Moor besteht. Entweder treibt man die einzelnen Pfähle so tief hinunter, dass ihre Spitzen auf festem Boden aufruhen, wodurch alsdann der Druck des auf dem Pfahlroste aufgeführten Bauwerkes auf diesen übertragen wird; oder man lässt den Pfahlrost ohne Auflage auf festem Boden in der weicheren Schicht, wenn eine bessere nicht zu erreichen ist. In diesem Falle wird der erforderliche Widerstand durch die Reibung hergestellt, welchen die um-

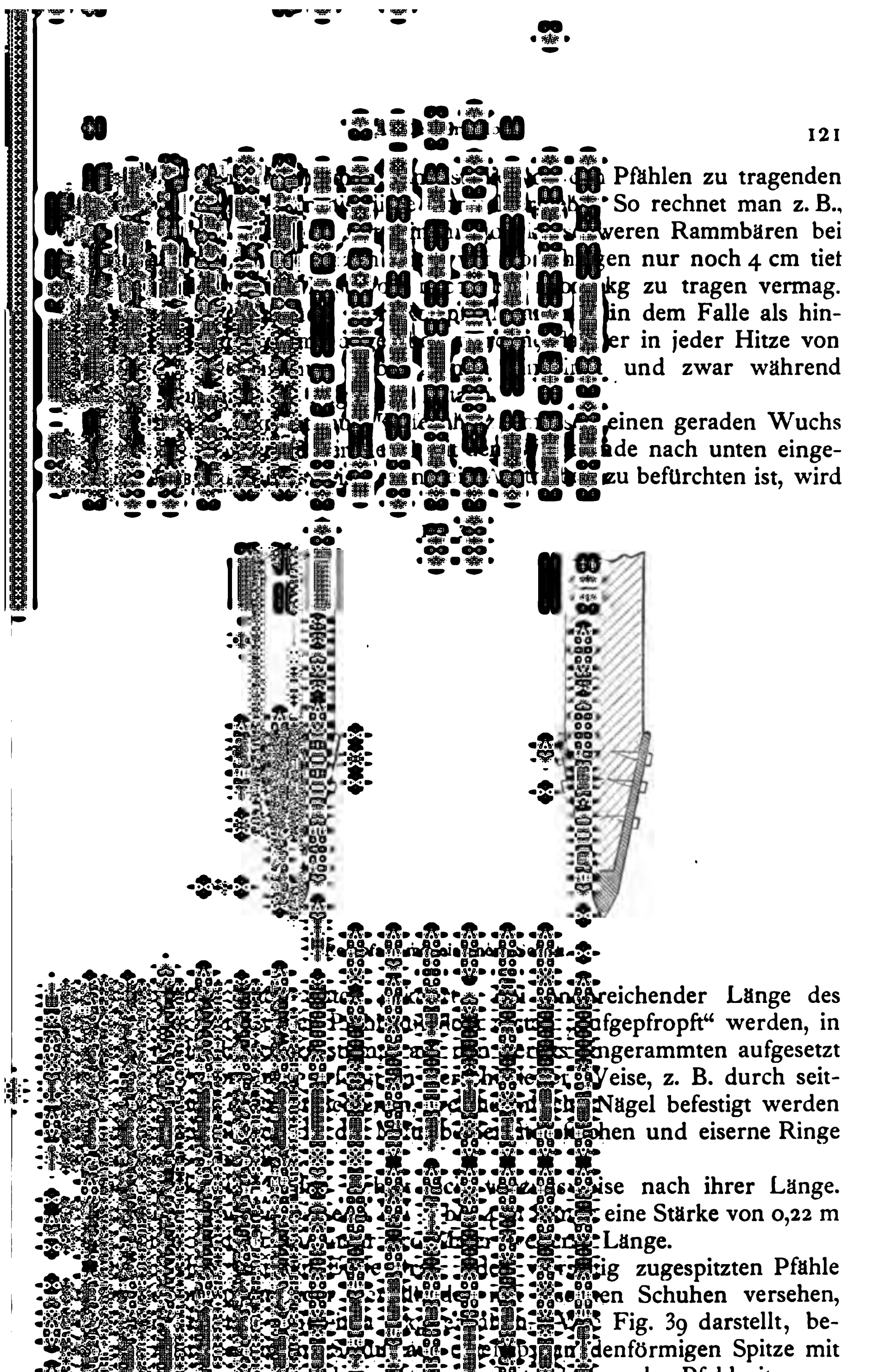
gebende Erde auf die Pfähle ausübt. Um sich zu vergewissern, ob der Pfahl derartig fest eingetrieben ist, dass die in der Folge eintretende Belastung mit Sicherheit getragen wird, pflegt man eine Beziehung zu suchen zwischen der Leichtigkeit, mit welcher die Pfähle bei dem weiteren Einrammen noch einsinken und dem Drucke, welcher auf dem Pfahle lasten soll. Ein allgemein gültiges Gesetz lässt sich aber hierdurch nicht ableiten, da die beiden Kraftäusserungen Stoss und Druck niemals die gleiche Wirkung hervorbringen können. Um dies zu beweisen, stellte Hagen*) einen Versuch mit zwei Pfählen von gleichen Abmessungen an, welche unter gleichen Schlägen in feuchtem Sand- und Thonboden eingetrieben wurden, bis sie unter den letzten Schlägen zu gleicher Tiefe weiter eindrangen. Die Belastungen, denen sie alsdann Widerstand leisteten, waren keineswegs dieselben; vielmehr sank der im Thonboden stehende Pfahl schon unter einem bedeutend geringeren Gewichte herab als dasjenige betrug, welches den in Sandboden eingetriebenen Pfahl in Bewegung setzte. Bei Wiederholung des Versuches zeigte sich aber, dass das erste Gewicht, wenn es auch noch kleiner war und sich sogar auf das des Rammklotzes beschränkte, bei dauerndem Drucke den Pfahl zu tieferem Eindringen veranlasste, wenn dies unmittelbar nach dem Aufstellen auch nicht geschah. Es erklärt sich dieses nachträgliche Einsinken dadurch, dass die starke Compression des Bodens in der nächsten Umgebung des Pfahles, welche das Einrammen veranlasst hatte und deren Folge die grössere Reibung war, nach und nach sich verminderte. Dieser Umstand erklärt auch die bekannte Thatsache, dass die Pfähle leichter eindringen, nachdem die Rammarbeit einige Zeit lang unterbrochen wurde. Eine allgemeine Regel lässt sich sonach nicht aufstellen; man muss, um die Tragfähigkeit mit Sicherheit zu erhalten, die besondere Beschaffenheit des Grundes berücksichtigen; namentlich ist Vorsicht zu empfehlen, wenn der Untergrund viele Thontheile enthält. In diesem Falle ergiebt sich in Folge der zähen Beschaffenheit ein starker Widerstand gegen das Einrammen, welcher sich bei der nachfolgenden dauernden Belastung nicht zeigt.

Um jedoch eine empirische, nach dem eben Gesagten nicht allgemein gültige Regel hier zu geben,**) sei P das Gewicht des Rammbären. h die Fallhöhe, Q das Gewicht des Pfahles und e die Tiefe, um welche derselbe in Erfolg von n Schlägen rechnungsmässig bei einem Schlage eingedrungen ist. Alsdann rechnet man die Last, welche der Pfahl zu tragen im Stande ist:

$$L = \frac{1}{4} \cdot \frac{h P^2 Q}{e (P + Q)^2} \cdot$$

*) Handbuch der Wasserbaukunst. Erster Theil, Band II, Seite 180.

**) Heusinger von Waldegg, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Band I, Seite 720.



… Pfählen zu tragenden … So rechnet man z. B., … eren Rammbären bei … en nur noch 4 cm tief … kg zu tragen vermag. … in dem Falle als hin- … er in jeder Hitze von … und zwar während …

… einen geraden Wuchs … de nach unten einge- … zu befürchten ist, wird …

… reichender Länge des … ufgepfropft" werden, in … ngerammten aufgesetzt … Veise, z. B. durch seit- … Nägel befestigt werden … hen und eiserne Ringe …

… se nach ihrer Länge. … eine Stärke von 0,22 m … Länge.

… ig zugespitzten Pfähle … en Schuhen versehen, … Fig. 39 darstellt, be- … denförmigen Spitze mit … en der Pfahlspitze an-

Zuweilen werden auch guss-

achse abgeschnitten, an den
mit einem schmiedeeisernen
üten. Der Ring muss, wenn
epasst und hinlänglich stark,

em niedrigsten Wasser liegen,
en auf eine etwaige Senkung
nde Melioration Rücksicht zu
gestellt eingerammt; auf die
gelegt, welche wiederum durch
Ueber den Langschwellen wird
eln befestigt wird und erfolgt
s. Fig. 40 giebt den Grund-
ser Weise hergestellten Pfahl-
lreihen von einander richtet

sich nach den Abmessungen und dem Gewichte des aufzuführenden Bauwerkes; im Durchschnitte beträgt dieselbe von Mitte zu Mitte 0,75 bis 1,25 m. Die Entfernung der einzelnen in einer Reihe stehenden Pfähle wird bis 1,50 m genommen. Die eingerammten Pfähle werden horizontal abgeschnitten, mit Zapfen versehen und auf diesen die Schwellen aufgepasst. Besondere Rücksicht ist auf die Stösse der letzteren zu nehmen; dieselben müssen stets auf die Mitte der Pfähle treffen und Zapfen von der ganzen Breite der Pfähle erhalten, damit beide Enden der Schwelle sicher aufruhen. Die Querschwellen werden über die Langschwellen überblattet oder auch direct ohne Einschnitte aufgelegt, da eine Verschiebung nicht gut eintreten kann; die Entfernung der Querschwellen von einander beträgt etwa 2,50 bis 3 m. Der Zwischenraum zwischen den Langschwellen und den Bohlen wird mit einem passenden Füllmaterial, z. B. Mauerschutt, ausgefüllt; zuweilen hebt man auch noch den Grund unter dem Roste 0,30 bis 0,60 m aus und bringt hier einen Lehmschlag hinein.

Es ist übrigens für die Sicherung des Mauerwerkes gleichgültig, ob, wie in Fig. 41 darstellt, die Querschwellen mit den Bohlen eine Ebene bilden oder ob erstere über den Bohlen hervorragen.

Sehr häufig wird der Pfahlrost mit einer Spundwand umgeben und zwar aus den bereits oben bei Besprechung der liegenden Roste angegebenen Gründen. Zumeist muss man während des Baus für eine Bewältigung des zudringenden Wassers Sorge tragen, da der Rost unter dem niedrigsten Wasser liegt.

c. Die Rammen.*)

Zum Einrammen der Pfähle und Spundwände bedient man sich der Rammen oder Rammmaschinen. Als Arbeitsorgan enthält die Ramme stets ein schweres Fallgewicht, den Rammbären (Rammklotz), welcher in die Höhe gehoben wird und alsdann auf den Kopf des einzurammenden Pfahles aufschlägt. Wenn von den Handrammen, d. h. hölzernen Rammklötzen mit Griffen, welche von 2 bis 4 Arbeitern gehandhabt werden und ebenso von den für grössere Wasserbauten unumgänglich erforderlichen Dampframmen abgesehen wird, so haben wir die gewöhnlichen Rammmaschinen je nach der Methode der Anhebung des Bären in Zugrammen und Kunstrammen zu unterscheiden.

Die Zugramme erhält einen Rammbär von 300 bis 600 kg Schwere aus härtesten Holzarten oder besser aus Gusseisen. Die hölzernen Bären werden mit Eisenschienen und -Bändern beschlagen; die untere Fläche muss durchaus eben und etwas grösser sein als die Fläche des einzu-

*) Am Ausführlichsten behandelt im IV. Bande des Handbuches der Ingenieurwissenschaften: Die Baumaschinen von L. Franzius und F. Lincke, Seite 408 u. f.; Leipzig 1883.

rammenden Pfahles. Der Bär erhält seine Führung in dem Rammgerüst; an der vorderen Seite desselben befindet sich eine bezw. zwei in der Regel vertical stehende Säulen, die Läuferruthen oder Läufer, welche dem Rammklotze die geradlinige Führung geben. Das Rammgerüst ist in dem Schwellwerke eingezapft, dessen Grundform — viereckig, dreieckig — die Zugänglichkeit der Rammmaschine zu den oft an beengter Baustelle einzurammenden Pfählen beeinflusst. Rammen mit zweitheiligen Läufern, zwischen denen der Bär geführt wird, heissen Scheerenrammen. Der Läufer steht bei diesen etwas vor dem Gerüst vor und reicht unter dem Schwellwerke hinab. Der Bär kann somit tiefer fallen als dieses, was häufig erwünscht ist. Auch gestattet die Scheerenramme leicht eine Neigung der doppelten Läuferruthe, so dass man dieselben zum Einrammen von schrägen Pfählen, z. B. für Bollwerke, gut verwenden kann.

Fig. 42 stellt eine Zugramme der üblichsten Anordnung dar. Die Anhebung des Bären erfolgt mittelst des Rammtaues von 3 bis 5 cm Stärke, je nach dem Gewichte des Bären; das Tau wird oben über die Rammscheibe, eine Rolle von 0,50 bis 0,75 m Durchmesser, geführt und endigt andererseits gewöhnlich in einer Schleife, in welcher mittelst eines Knebels das Kranztau eingezogen wird. Dieses nimmt die Zugleinen auf, an welchen die Arbeiter mit Hülfe von kurzen hölzernen Handhaben angreifen. Ueber der Rammscheibe ist ein horizontales Holz aufgesetzt, in welchem vorn und hinten je eine Rolle gelagert ist. Es dient diese Vorrichtung, der Trietzkopf, im Vereine mit einer am unteren Theile der beiden Hinterstreben angebrachten Haspel zum Aufrichten des Pfahles an dem bestimmten Platze, zu welchem Zwecke ein Seil, das Pfahltau, in Verwendung kommt.

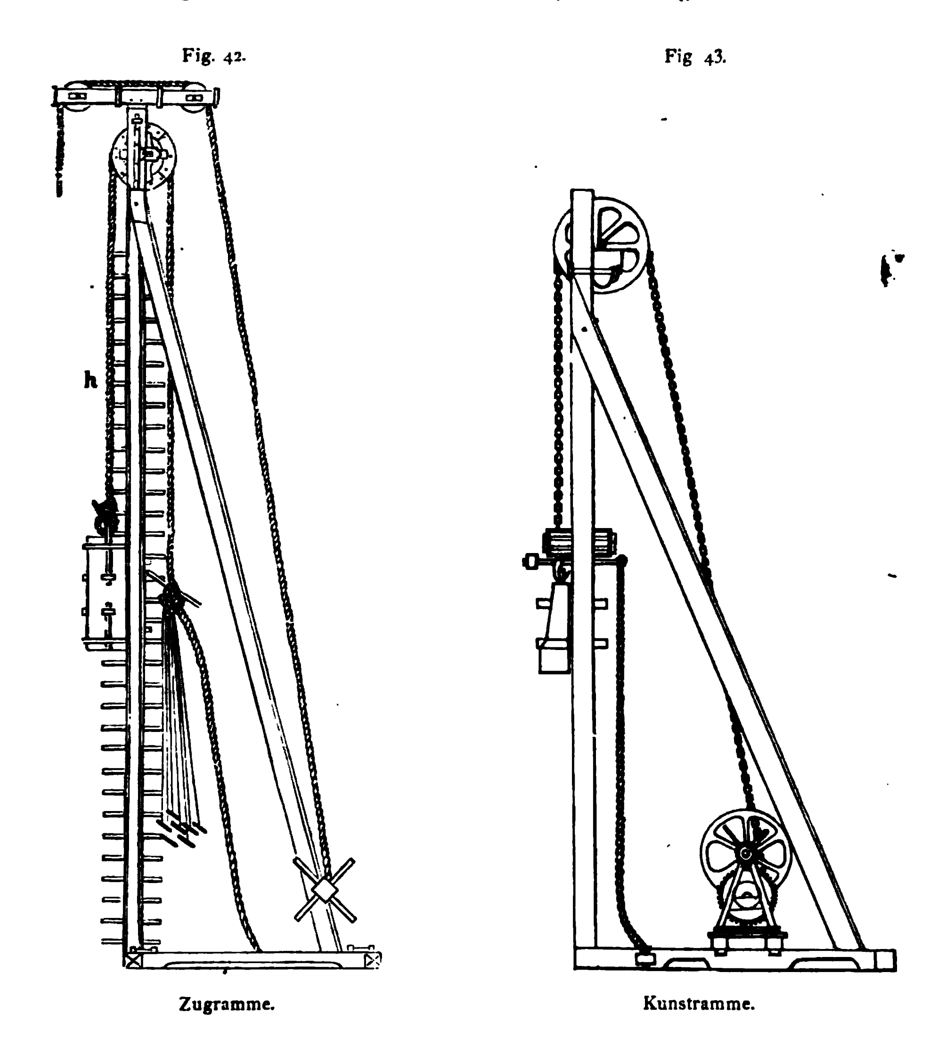
Die Anzahl der Arbeiter für die Zugramme hängt von dem Gewichte des Bären ab; bei einer Schwere desselben von 300 bis 400 kg sind 18 bis 24, bei 600 kg 40 Mann erforderlich. Der Hub bezw. die Fallhöhe beträgt 1 bis 1,5, höchstens 1,75 m. Es wird mit der Zugramme stets eine grössere Anzahl von Schlägen, und zwar 12 bis 30, eine Hitze, hinter einander gegeben; alsdann folgt eine Pause von 2 bis 3 Minuten zur Erholung der Arbeiter. Auf eine Stunde kommen einschliesslich der Pausen 12 bis 15 Hitzen.

Die Kunstramme, Fig. 43, besitzt eine Winde zum Aufwinden des Bären, zu deren Bedienung 4 Mann erforderlich sind. Das Gewicht des gusseisernen Bären beträgt 500 bis 800 kg, die Hubhöhe bis 8 m. Der Bär wird bis zu einer gewissen Höhe mittelst der Winde gehoben, worauf derselbe durch eine automatisch wirkende Vorrichtung von dem Tau ausgelöst wird und auf den einzurammenden Pfahl herabfällt. Der Haken (Schnepper) sinkt hierauf gleichfalls herab und klammert sich wiederum von selbst an der Oese des Bären an. Bei manchen Kunstrammen ist die Einrichtung getroffen, dass die Auslösung des Taues an jeder beliebigen Stelle erfolgen kann.

In Folge des hohen Gewichtes des Bären und der beträchtlichen Fall-

höhe ist der Effect eines Schlages wesentlich höher als bei der Zugramme; jedoch kann nur alle 2 bis 3 Minuten ein Schlag erfolgen. Dies letztere ist unbedingt ein Nachtheil der Kunstramme, da die langsame Aufeinander-

Fig. 42. Fig 43.



Zugramme. Kunstramme.

folge der Schläge es möglich macht, dass die Pfähle sich in dem umgebenden Erdreiche festsetzen, was bei der schnellen Folge der Schläge der Zugramme nicht in gleichem Masse stattfindet.

Zu empfehlen ist die Kunstramme, wenn die Pfähle in sehr beträchtliche Tiefe einzutreiben sind, in welchem Falle die Zugramme nur geringe Leistungen aufweist.

d. Die Betonfundirung.

Unter Beton versteht man ein unter Wasser erhärtendes Gemenge von hydraulischem Mörtel und kleineren Steinen. Man benutzt denselben in umfassendstem Masse zu Fundirungen unter Wasser, namentlich für die Pfeiler von Brücken und Schleusen; ferner dient derselbe bei der Anlage von Rosten zur Ausfüllung der Rostfelder.

Unter hydraulischem Mörtel versteht man diejenigen Mörtelarten, welche unter Wasser erhärten, im Gegensatze zu dem Luftmörtel, welcher nur unter Zutritt von Luft erhärtet. Man verwendet zu ersterem theils natürlichen, theils künstlichen hydraulischen Kalk. Der Gehalt der Kalksteine an Thonerde bestimmt die hydraulischen Eigenschaften desselben. Je grösser der Gehalt desselben an Thon mit gebundener Kieselerde ist, d. h. bis 40%, desto besser ist er als Wasserkalk zu verwenden. Ist der Gehalt über 50%, so muss zur Bereitung des Mörtels wieder fetter Kalk zugesetzt werden. Künstliche hydraulische Kalke entstehen durch Vermengung des fetten Kalkes mit Stoffen, welche demselben den Gehalt an Kiesel- und Thonerde zuführen sollen, wodurch derselbe die Eigenschaften des hydraulischen Mörtels erhält. Die bekanntesten dieser Beimengungen sind der Trass, ein natürliches vulkanisches Product, welches in gemahlenem Zustande namentlich in Deutschland und den Niederlanden verwendet wird; ferner der Puzzolane, eine in Italien vielfach vorkommende erdige Schlacke, welche häufig poröse Lava und Bimsstein enthält; endlich die Santorin-Erde, gleichfalls ein vulkanisches, von der Insel Santorin stammendes Product.

Diese vulkanischen Producte werden dem bereits gelöschten Kalke zugesetzt. Mischt man dieselben dagegen vor dem Brennen, nimmt letzteres gemeinschaftlich vor und mahlt sie alsdann zu feinem Pulver, so erhält man die künstlichen Cemente (Portlandcement), welche gleichfalls zur Betonbereitung Verwendung finden.

Die für die Herstellung des Betons in Verwendung kommenden Steine erhalten gewöhnlich eine Stärke von 4 bis 5 cm; sie werden entweder zu dieser Stärke geschlagen oder man benutzt runde Kieselsteine. Welches Material zu den Steinen verwendet wird, ist ziemlich gleichgültig: nur müssen dieselben den gehörigen Härtegrad besitzen; auch ist es gut, wenn die zerschlagenen Brocken recht scharfkantig ausfallen, damit ein guter Verband mit dem Mörtel stattfinde. Vorzüglich eignet sich ein fester Sandstein; aber in gleicher Weise können auch Granit, Grauwacke, fester Kalk und besonders recht hart gebrannte und zerschlagene Ziegel benutzt werden.

Das Mischungsverhältniss der Steine mit dem Mörtel wird verschiedenartig gewählt; wichtig ist, dass die Mischung recht sorgfältig erfolge und zwar zunächst des Mörtels für sich und alsdann dieses mit den Steinbrocken. Erprobte Mischungen sind:

3 Th. hydraulischer Kalk, 7 Th. grober Sand, 8 Th. zerschlagene Steine;

3 Th. hydraulischer Kalk, 6 Th. Sand, 7 Th. Steine;

1 Th. Fettkalk, 2 Th. Trassmehl, entweder ohne Sand oder mit 1 Th. Sand, 4 Th. Steine;

1 Th. Portlandcement, 3 Th. Sand, 7 Th. zerschlagene Steine.

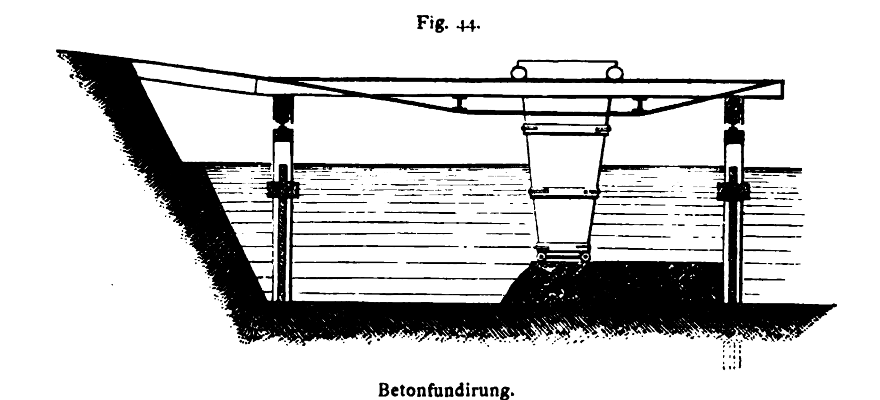
Die Zeit zur Erhärtung des Betons hängt von den verwendeten Materialien ab; nach 2—3 Wochen ist man zumeist im Stande, die nachfolgenden Bauarbeiten auszuführen.

Das Vermengen des Mörtels mit den Steinstücken wird dadurch erschwert, dass der Mörtel recht steif sein muss, wenn er schnell erhärten und den hinreichenden Grad von Festigkeit annehmen soll. Desshalb muss das Durcharbeiten sehr kräftig und so lange erfolgen, bis die Steine vollständig mit einer Mörtelschicht bedeckt sind. Bei der Mischung kleinerer Mengen bedient man sich schmaler, mehrzinkiger Rechen von 0,15 m Zinkenlänge. Bei grösseren Massen werden die stark benetzten Steine derartig auf einem Dielenboden ausgebreitet, dass sie eine etwa 0,15 m starke Schicht bilden. Der Mörtel wird in kleinen Partien zugesetzt und zwar wird derselbe mit Gewalt hineingeworfen, so dass er die Zwischenräume der Steine möglichst vollständig durchdringt und an ihrer Oberfläche haften bleibt. Hierauf findet noch eine Bearbeitung mit dem erwähnten mehrzinkigen Rechen statt. Oft stellt man die Masse auch in umgekehrter Weise her, indem man den Mörtel auf dem Dielenboden ausbreitet und die entsprechende Menge von Steinen hineinbringt, so dass hierdurch bereits ein theilweises Ueberziehen der Steine mit dem Mörtel erfolgt. Schliesslich wird die Masse mittelst Spaten so lange umgearbeitet, bis die gleichmässige Vermengung erfolgt ist. Bei sehr umfassenden Arbeiten, z. B. Fundirungen grösserer Brückenpfeiler oder grosser Schleusenbauten, kommen dagegen mechanische Mischmaschinen mit Rührwerken in Verwendung.

Bei der Betonfundirung verfährt man in verschiedener Weise, je nachdem dieselbe unter Wasser oder im Trockenen auszuführen ist. Bei trockenem Baugrunde, wie er bei kleineren Bauwerken in der Regel durch Absperrung des Wasserzuflusses mittelst Fangdämme erzielt werden kann, wird derselbe bis zur erforderlichen Tiefe ausgegraben, die horizontal erstellte Sohle geebnet, hierauf die Masse in einzelnen Schichten von etwa 0,20 bis 0,25 m aufgegeben und ohne zu drücken, abgeglichen. Um das vorgeschriebene Profil stets einzuhalten, wird der zu erstellende Pfeiler mit Brettern abgegrenzt. Bei Betonirung unter Wasser ist durchaus darauf zu achten, dass während der Arbeit keine Strömung stattfinde, weil hierdurch die Masse aufgelöst und fortgespült wird. Aus diesem Grunde muss bei strömendem Wasser die Baugrube durch Spundwände abgeschlossen werden und darf nur bei sehr geringer Wassertiefe, etwa 1 m, das Aufgeben der Betonschichten direct mittelst Schaufeln erfolgen. Bei grösserer Wassertiefe würde ein Auflösen der Masse bereits stattfinden,

wenn dieselbe frei durch das Wasser hindurchgeworfen wird; namentlich würde aber in Folge der verschiedenen specifischen Schwere des Mörtels und der Steine eine Trennung beider stattfinden können. Aus diesem Grunde wird der Beton mittelst Trichter, sogenannter Betontrichter, in der Weise versenkt, dass er mit dem Zwischenwasser möglichst wenig in Berührung kommt. Der Trichter wird aus Holz gefertigt und auf einem Gerüst verschiebbar angebracht. Die untere Oeffnung desselben erhält einen Querschnitt von etwa 0,50 m im Quadrat. Mittelst dieses Trichters wird ein Streifen Betonmasse nach dem anderen heruntergebracht und werden nach Fertigstellung der unteren Schicht eine zweite und erforderlichen Falls die folgenden aufgegeben. Für die bei den

Fig. 44.



Betonfundirung.

landwirthschaftlichen Wasserbauten vorkommenden Fundirungen genügen in der Regel Betonaufträge von 0,75 bis 1 m Stärke. Bei grösseren Betonirungen unter Wasser werden an der Ausmündung des Trichters Walzen angebracht, welche beim Vorschieben des Trichters ein Glätten der einzelnen Schichten bewirken.

Fig. 44 zeigt diese Methode der Betonfundirung in ihrer einfachsten Anordnung. Bei grösseren Wasserbauten wird der Beton von einem Gerüst aus in eisernen Senkkästen heruntergelassen und an der Baustelle durch Oeffnen einiger Klappen entleert.

Die Grundbauten aus Beton bilden eine unvergängliche, im Wasser immer mehr erhärtende Masse, welche die Eigenschaft einer compacten Steinmasse annimmt und den auf dem Grundwerke lastenden Druck gleichmässig vertheilt. Am vorzüglichsten wird die Festigkeit des Betons, wenn die Schüttung vollständig unter Wasser und mit Berücksichtigung der eben angegebenen Vorsichtsmassregeln stattgefunden hat.

B.

DIE REGULIRUNG DER FLÜSSE.

Die Regulirung eines Flusses, d. h. die durch künstliche Mittel bewirkte Verbesserung seines natürlichen Zustandes, erfolgt im Interesse der Landescultur und bei schiffbaren Flüssen auch im Interesse der Schifffahrt.*)

Das Landescultur-Interesse verlangt in erster Linie Beseitigung der Gefahr vor Ueberschwemmungen, die zweckdienliche Entwässerung des an dem Flusse angrenzenden Landes durch Verbesserung der Vorfluth, d. h. durch Beförderung der Abflussmöglichkeit des Wassers und ferner die Verwendung des Wassers zur Bewässerung des Bodens.

Das Schifffahrts-Interesse erfordert die Beseitigung derjenigen Hindernisse, welche die Schifffahrt erschweren oder unmöglich machen; namentlich ist anzustreben, dieselbe bei allen in die Verkehrsperiode fallenden Wasserständen aufrecht zu erhalten.

Die Regulirung von Wildbächen und Gebirgsflüssen, welche ausschliesslich im Interesse der Landescultur erfolgt, besteht in erster Linie in einer Sicherung gegen die Zerstörungen durch Murgänge und gegen Ueberfluthungen.

Die Regulirung schiffbarer Flüsse erfolgt vorwiegend im Interesse der Schifffahrt, wobei jedoch niemals das Landescultur-Interesse ausser Acht gelassen werden darf. Oft schädigen die für die Förderung der Schifffahrt angezeigten Regulirungsmethoden das Interesse der Landescultur in erheblichem Grade, wie auch umgekehrt der Fall eintreten kann, dass eine Massregel zur Verbesserung der Vorfluth zum Zwecke der Entsumpfung des angrenzenden Terrains der Schifffahrt Schwierigkeiten bereiten kann. Es ist demnach bei der Regulirung schiffbarer Wasserläufe unbedingt erforderlich, stets auf die beiderseitigen Interessen die erforderliche Rücksicht zu nehmen, wenn man sich gegen spätere, oft nicht mehr zu

---

*) Ueberdies bei Grenzflüssen zuweilen zur dauernden Fixirung der Grenze.

beseitigende Missstände sichern will. Noch mehr ist das Landescultur-Interesse bei der Vornahme von Flusscanalisirungen in Rücksicht zu ziehen, da dieses in sehr vielen Fällen vortrefflichste Mittel zur Herstellung einer guten Schifffahrtsstrasse das erstere nur zu häufig schwer zu schädigen im Stande ist. Bei der Canalisirung wird mittelst Einschaltung von Stauanlagen in dem Flusslaufe die Strömung vermindert und die Fahrtiefe vermehrt. Hierdurch entstehen jedoch leicht, namentlich bei Flüssen mit schwachem Gefälle und wenig eingeschnittenem Bette, nachhaltige Versumpfungen des anliegenden Landes, dem in Folge des hochgehaltenen Wasserstandes die Vorfluth genommen wird. Auch wird die Ueberschwemmungsgefahr gesteigert, da die Hochwässer, selbst bei der Anwendung von Nadelwehren oder ähnlichen Constructionen von beweglichen Wehren, immer langsamer abgeführt werden als beim Fehlen der Stauanlagen. Auch die bei canalisirten Flüssen stattfindende Vermehrung der Niederschläge von Sinkstoffen auf der Flusssohle bewirkt eine Erhöhung des Wasserstandes und Steigerung der Ueberschwemmungsgefahr sowie Erschwerung der Abwässerung des anliegenden Landes.

Die Regulirung der Wasserläufe erfolgt je nach ihrem Zustande durch die verschiedensten Mittel: Bei Wildbächen durch Zurückhaltung der Geschiebe und Schaffung eines gesicherten Bettes, bei den Gebirgsflüssen in erster Linie durch Herstellung eines festen Profiles mit gesicherten Ufern, durch Beseitigung von Stromspaltungen, in vereinzelten Fällen durch Herstellung von Durchstichen bei stark serpentinirenden Flussstrecken. Im Mittel- und Unterlaufe ist in erster Linie der Schutz gegen Ueberschwemmungen und Versumpfungen durch eine Verbesserung des Flussregimes, durch Beseitigung aller Verwilderungen des Flussbettes, namentlich mittelst Sicherung der Ufer anzustreben. Ferner wird in den meisten Fällen die Anwendung der Hochwasserdämme (Deiche) nicht zu umgehen sein, wenn das Land mit möglichster Zuverlässigkeit gegen Ueberschwemmungen geschützt werden soll. Durchstiche werden nur in besonderen, ausnahmsweisen Fällen am Platze sein. In manchen Fällen wird auch eine unmittelbare Vertiefung des Flussbettes durch Beseitigung bezw. Verminderung der Sinkstoffe mittelst Baggerung angezeigt erscheinen.

Als Grundsatz sollte bei allen Flussregulirungen gelten, dass niemals Stückregulirungen vorkommen dürfen, welche in sehr vielen Fällen nachtheilige Einflüsse auf die unteren Strecken ausüben. Bei Regulirungen im Interesse der Schifffahrt verbieten sich diese oft von selbst, da es sich stets um die Schiffbarkeit des ganzen Stromes bezw. sehr beträchtlicher Strecken desselben handelt; dagegen kommen noch vielfach Einzelprojecte und -Ausführungen bei Correctionsarbeiten vor, welche im Landescultur-Interesse vorgenommen werden. Bei Einschränkungen des Profiles mittelst der hierfür angezeigten Regulirungsmittel oder bei Durchstichen findet eine Beschleunigung des Wasserabflusses statt, welche sich auf den unteren Strecken häufig nachtheilig geltend macht. Die in der regulirten

Strecke in Bewegung gesetzten Sinkstoffe kommen weiter abwärts zur Ablagerung; die ungeschützten Ufer sind stärkeren Angriffen und Abbrüchen ausgesetzt; auch werden hier die Hochwasserstände und damit die Ueberschwemmungsgefahr gesteigert. Es muss mithin bei der Aufstellung eines jeden Flussregulirungsprojectes der Wasserlauf in seiner ganzen Länge mit Einschluss der Nebenflüsse, soweit überhaupt der Einfluss einer vorzunehmenden Correction reicht, aufs Sorgfältigste in die Vorerhebungen einbezogen werden, wobei selbstverständlich, um ein volles Bild von dem Einflusse der Regulirung zu erhalten, die gründlichsten klimatologischen und hydrologischen Studien vorausgehen müssen.

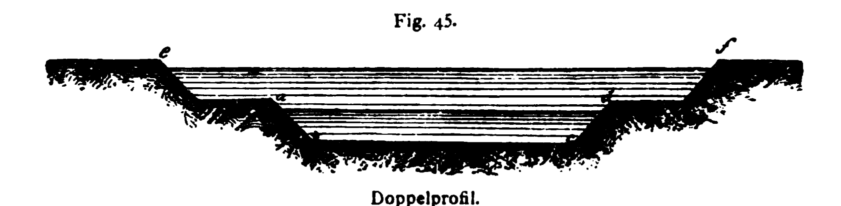
In weiterem Sinne gehören zu den Flussregulirungen auch Arbeiten, welche nicht unmittelbar am Wasserlaufe selbst, sondern im Flussgebiete überhaupt auszuführen sind. Namentlich wird im Oberlaufe der Zustand des Flussgebietes einen überaus wichtigen Einfluss auf das Regime des Flusses (vergl. Seite 39) ausüben. Bewaldete oder mit Rasen bewachsene Flächen halten das Wasser lange zurück, schützen das Terrain besser gegen Abbruch durch die Wirkung des Wassers als kahle Hänge, welche das Wasser schnell den Rinnen und Bächen zuführen, wobei dasselbe oft die schwerwiegendsten Schäden anrichtet. Es wird demnach in vielen Fällen die Regulirung mit der Verbesserung der Zustände im oberen Flussgebiete zu beginnen haben, wenn man das Uebel an seiner Wurzel bekämpfen will. Auch Auffanggräben, Reservoire und ähnliche Anlagen im Quellgebiete gehören zu diesen Arbeiten, welche bei kleineren Wasserläufen zuweilen im Stande sind, das Flussregime in günstiger Weise zu ändern.

Im Oberlaufe wird auch die Sinkstoffbewegung die Mittel zur Regulirung erheblich beeinflussen. Die Bekämpfung der mannigfachen Schäden, welche die Sinkstoffe im Wasserlaufe herbeiführen, ist unstreitig der schwierigste Theil des gesammten Wasserbaus, welcher leider vorwiegend empirisch behandelt werden muss. Denn trotz mancher Versuche, die namentlich von verdienstvollen schweizerischen Ingenieuren angestellt wurden, die Sinkstoffbildung und -Bewegung vom Ursprunge eines Wasserlaufes an bis in dessen untere Strecken wissenschaftlich zu erklären und auf bestimmte Gesetze zurückzuführen, beruht doch bislang wenigstens jeder hier einschlagende technische Erfolg auf einer „glücklichen Hand" des Ingenieurs. Es ist aber anzuerkennen, dass man dieser für das Regime unserer Flüsse so überaus wichtigen Frage derzeit die gebührende Aufmerksamkeit, die ihr früher nicht zu Theil wurde, schenkt und steht somit zu hoffen, dass wir in nicht zu langer Zeit bei der Behandlung der Sinkstoffe im Flusslaufe auf zuverlässige Grundsätze kommen werden, deren Einhaltung den Erfolg sichert.

Einen der wichtigsten Theile der Vorarbeiten für die Flussregulirung bildet die Festsetzung des Normalprofiles für die einzelnen Flussstrecken. Bei schiffbaren Flüssen wird in erster Linie die Herstellung einer angemessenen tiefen Fahrrinne angestrebt werden müssen; im

Uebrigen, speciell im Interesse der Landescultur, sollen die Profile derartig festgesetzt sein, dass bei allen Wasserständen die Wassermenge regelmässig abgeführt werden kann und zwar mit derartiger Geschwindigkeit, dass weder ein Abbruch der Ufer noch eine Ablagerung von Sinkstoffen auf der Sohle erfolgt. Bei Gebirgsflüssen muss in erster Linie auf die regelrechte Abführung der Sinkstoffe bei allen Wasserständen Rücksicht genommen werden und ferner darauf, dass nach Consolidirung des regulirten Flusses kein weiterer schädlicher Sohlenabbruch stattfindet. Man ersieht hieraus, dass die Festsetzung eines für alle Wasserstände passenden Normalprofiles kaum zu erreichen sein wird: Das in den verschiedenen Flussstrecken und auch bei verschiedenen Wasserständen wechselnde Längengefälle ist ein gegebener Factor, an dem sich durch Regulirung wenig ändern lässt. Die Geschwindigkeit soll aber derartig bestimmt werden, dass die bei ihrem Vorwärtsrücken sich stetig verkleinernden Sinkstoffe durch die Stromkraft weiter bewegt werden und dass diese

Fig. 45.



Doppelprofil.

keine Schäden an der Sohle und den Ufern verursachen. Es muss somit der Werth R in der Formel

$$v = k \sqrt{RJ}$$

mit stetig wechselnden Werthen für v, J und auch k bestimmt und danach das Profil festgesetzt werden. Im Mittel- und Unterlaufe wird man zumeist nur in der Lage sein, eine passende Breite des Profiles für den mittleren Wasserstand festzusetzen und im Uebrigen bei eingedeichten Flüssen das grösste Hochwasserprofil zu ermitteln. Ein regelrechter Ausbau des letzteren ist im Allgemeinen bei der Unregelmässigkeit des Aussenlandes nicht zu erreichen.

Das Normalprofil eines Gebirgsflusses wird in verschiedener Weise festgesetzt. In der Regel empfiehlt sich das Doppelprofil Fig. 45 und zwar namentlich in dem Falle, dass die Stromkraft in dem entsprechend grossen einfachen Profile so stark würde, dass Ufer und Sohle leicht Schaden leiden könnten. Ist das Mittelwasser sehr bedeutend, so wird das innere Profil $a\ b\ c\ d$ ausschliesslich für dieses bestimmt und das äussere $e—f$ für das Hochwasser. Zuweilen, namentlich bei Flüssen mit ausserordentlichen Hochwässern, bemisst man bereits das innere Profil $a\ b\ c\ d$ derartig, dass dasselbe zur Abführung des normalen Hochwassers ausreicht, während $e—f$ für das grösste Hochwasser berechnet wird. In verhältnissmässig seltenen Fällen wird bei Gebirgsflüssen das einfache

Profil zur Abführung des Wassers bei allen Wasserständen angezeigt sein. Für die Abführung der Hochwässer würde dasselbe wegen der schmalen Sohle eine beträchtliche Höhe erhalten, so dass die hohen Uferwände eine sehr starke Versicherung gegen Durchbrüche erhalten müssten. Es findet sich dieses sog. Hochwuhrprofil in der schweizerisch-liechtenstein'schen Rheinstrecke, während die anschliessende schweizerisch-österreichische Strecke bis zum Bodensee bei vermindertem Gefälle und vermehrter Consumtion das Doppelprofil besitzt.

Da es niemals möglich sein wird, das Normalprofil lediglich rechnungsmässig festzustellen, so wird man in den meisten Fällen durch aufmerksame Beobachtung einzelner regelmässiger Strecken des Flusses Schlüsse über die zweckmässigste Gestalt des Profiles zu ziehen suchen. Ermittelt man in Strecken, deren Gefällsverhältnisse nicht wesentlich von den wahrscheinlich sich nach der Regulirung bildenden abweichen, die grössten Breiten, in welchen neben einer gesicherten Abführung des Wassers noch keine Ablagerung der Sinkstoffe stattfindet, so kann man diese als zweckdienliche Normalbreiten ansehen.

Bisher war es allgemein üblich, das Normalprofil eines zu corrigirenden Wasserlaufes mit horizontaler Sohle und angemessen geböschten Uferwänden festzusetzen. Zweckmässiger erscheint es jedoch, der Sohle von den Ufern nach der Mitte hin ein geringes Gefälle zu geben, weil hierdurch die Stabilität des Stromstriches, welcher sich stets über der tiefsten Stelle der Sohle befindet, gesichert wird. Bei horizontaler Sohle wählt sich der Wasserlauf den Stromstrich dort, wo die geognostische Beschaffenheit der Sohle das Auskolken, also die Erstellung der tiefsten Stromrinne erleichtert. Die Folge hiervon ist, dass selbst in einer geraden Flussstrecke der Stromstrich, also die Verbindung der Punkte grösster Geschwindigkeit in den auf einander folgenden Querprofilen, keine gerade sondern eine je nach der wechselnden Lage der Stromrinne gekrümmte bezw. serpentinirende Linie bildet. Hierdurch entstehen wieder unregelmässige Auskolkungen und Sinkstoffablagerungen, wodurch der Zweck der Regulirung sehr häufig vollständig verfehlt wird. Es erscheint demnach ein Profil mit nach der Mitte zu vertiefter oder schalenförmiger Sohle in jedem Falle demjenigen mit horizontaler Sohle vorzuziehen. Speciell gilt dies für Durchstiche und vor Allem bei schiffbaren Flüssen, bei welchen überdies aus der nach der Mitte zu vertieften Sohle der Vortheil resultirt, dass selbst bei Kleinwasser, wenn bei horizontaler Sohle die Schifffahrt bereits behindert ist, in der Mitte des Flusses immer noch ein angemessen tiefes Fahrwasser verbleibt.

Um die Kosten der Flussregulirung zu beschränken, ist überall da, wo dies möglich, dahin zu wirken, dass die beabsichtigten Aenderungen zum grösseren Theile durch die Wirkung des strömenden Wassers selbst erreicht werden, so dass durch die eigentlichen technischen Arbeiten nur eine dem Zwecke entsprechende Leitung des Wassers bewirkt wird. Selbstverständlich ist dies bei einer Reihe von wichtigen Arbeiten, z. B.

Ufersicherungen, ausgeschlossen, welche stets unmittelbar hergestellt werden müssen. Auch bleibt zu berücksichtigen, dass die Vollendung der Arbeiten, sobald man die Stromkraft des Wassers bezw. die natürliche Colmation in umfassenderem Masse ausnutzen will, eine sehr erhebliche, oft nicht zur Verfügung stehende Zeit erfordert. In diesem Falle erscheint es in der Regel vortheilhafter, die Arbeiten unmittelbar und ohne die natürliche Einwirkung des Stromes durchzuführen.

a. Die Verbauung der Wildbäche.*)

Wie aus der Darstellung des allgemeinen Charakters der Wildbäche (Seite 40) hervorgeht, handelt es sich bei der Bekämpfung der Schäden, welchen dieselben anrichten, in erster Linie um die Verhinderung von Abrutschungen. In der Regel werden diese durch das oberflächliche Abströmen des Tagewassers verursacht; zuweilen auch durch in den Boden eingedrungenes, unterirdisch fliessendes Wasser. In letzterem Falle kann eine Festigung des Bodens nur durch eine gründliche Entwässerung eingeleitet werden. Im Uebrigen dienen zur Festigung der Hangflächen die Bewaldung oder Berasung kahler Hänge. Die Anlage von Wiesen wird oft durch Mangel an Erdmaterial oder durch häufige Regen erschwert; in diesem Falle empfiehlt sich die Errichtung von Flechtzäunen, etwas geneigt gegen die Schichtenlinien gestellt, zwischen welchen die Erde einen Halt bekommt, bis die Verwurzelung durch die Gräser und Kräuter denselben in genügender Weise bewerkstelligt. Zuweilen hat man auch die steilen zu Abrutschungen geneigten Hänge durch Flechtzäune terrassenartig umgestaltet und befestigt. Die wirksamsten Mittel zur Hintanhaltung der durch Wildbäche verursachten Schäden sind die Verminderung des Gefälles und Verbreiterung des Profiles derselben. Beide Mittel schwächen die Stromkraft des abstürzenden Wassers und vermindern bezw. verhüten somit die Verwüstungen, welche der Bach in unverbautem Zustande anrichtet. Die Constructionen, welche eine Verminderung des Gefälles und eine Verbreiterung des Profiles bewirken, sind die Thalsperren und Flechtwerk-Etagen, von denen die ersteren als das wichtigste Mittel zur Regulirung der Wildbäche allgemein anerkannt werden.

Zuweilen ist es erforderlich, den Fuss der Seitenabhänge einer Runse gegen Unterwaschung zu schützen, was am vollkommensten durch Herstellung eines widerstandsfähigen Steinbettes von weitem Profile geschieht.

---

*) Am vorzüglichsten dargestellt im III. Bande des Handbuches der Ingenieurwissenschaften von L. Franzius und Ed. Sonne: „Verbauung der Wildbäche und Regulirung der Gebirgsflüsse" von K. Pestalozzi; 2. Auflage; Leipzig 1882, und in dem Werke: Studien über die Arbeiten der Wiederbewaldung und Berasung der Gebirge von P. Demontzey, übersetzt von A. Freiherrn von Seckendorff; Wien 1880. — Während des Druckes dieses Werkes erschien noch: Dr. A. Freiherr von Seckendorff, Verbauung der Wildbäche, Aufforstung und Berasung der Gebirgsgründe; Wien 1884.

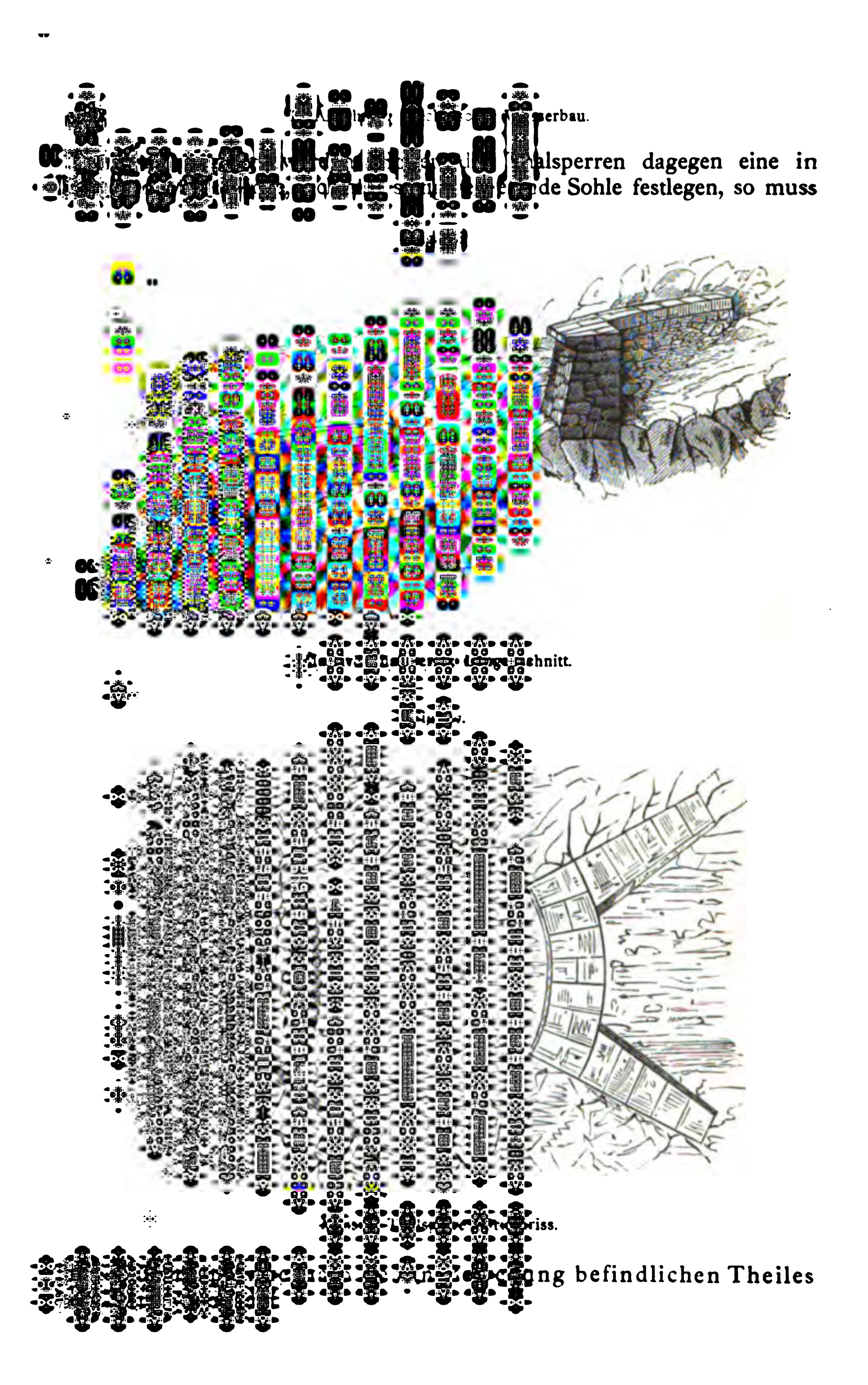
Dasselbe muss derartig bemessen sein, dass es sowohl die grössten auftretenden Wassermengen als auch die Murgänge ohne Schaden abführen kann. Die bezüglichen Constructionen führen den Namen Schalen. Diese erfüllen weiter den Zweck, die Murgänge abzuleiten und an Stellen, an welchen sie keinen Schaden anrichten können, zur Ablagerung zu bringen. Man nennt solche Stellen Ablagerungsplätze. Zuweilen, namentlich bei grösseren Thalflächen am Fusse der Wildbäche, ist man im Stande, mit den Ablagerungsplätzen wiederholt zu wechseln und so das Terrain allmählig zu erhöhen. Es ist dies namentlich von Werth, wenn das Ablagerungsmaterial leicht in Culturboden übergeführt werden kann.

Thalsperren. Man versteht unter Thalsperren quer über die Längenrichtung des Wildbaches angelegte Wehre von äusserst widerstandsfähiger Bauart, welche eine Anhäufung des mitgeführten festen Materials oberhalb der Sperrmauer veranlassen, während das Wasser theils über der Krone derselben, theils durch Sickeröffnungen am Fusse der Sperre seinen Abfluss erhält. Häufig dient das Bauwerk bezw. eine Reihe derselben gleichzeitig zur Consolidirung der Runse, sobald durch die abstürzenden Wassermassen eine Unterwühlung derselben erfolgt. Bei manchen Thalsperren ist dies letztere der ausschliessliche Zweck, während bei anderen lediglich eine Zurückhaltung der Geschiebe bewirkt werden soll. Gewöhnlich gehört eine Anzahl von Thalsperren, in angemessenen Abständen in dem Laufe des Wildbaches angebracht, zu einem Systeme: sie werden nach vollständiger Anfüllung der Hinterwandungen bis zur Krone durch Aufsätze erhöht.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Wahl der Baustellen für die in einem Wildbache anzulegenden Thalsperren. Da die Murgänge den Fuss und die Seitenwandungen des Bauwerkes beschädigen können, so muss die Ausführung auf möglichst festem Boden erfolgen. Am zweckmässigsten erscheinen hierzu Stellen, an welchen der Wildbach aus einer Erweiterung in eine Verengung übergeht und in Sohle und Seitenwandungen der Felsen blos liegt (Pestalozzi a. a. O. Seite 226). Die Erweiterung gestattet die Ablagerung grosser Schuttmassen, während die anschliessende Verengung die Herstellung der Thalsperre ohne zu grossen Materialaufwand in gehöriger Widerstandsfähigkeit ermöglicht. Bei französischen Wildbächen hat man zuweilen das entgegengesetzte Verfahren vorgezogen, d. h. die Thalsperren in die Erweiterungen der Wildbäche gelegt und zwar mit Rücksicht darauf, dass hier die Gewalt der Murgänge geringer ist. Man kann das Bauwerk demnach schwächer herstellen, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass dasselbe in Folge seiner grösseren Breite zumeist denselben, oft sogar einen höheren Kostenaufwand verursacht.

Vornehmlich ist auch bei der Wahl der Baustelle der Zweck der Thalsperre in Rücksicht zu ziehen. Dient dieselbe lediglich zum Zurückhalten der Geschiebsmasse, so muss sie unterhalb des beweglichen

alsperren dagegen eine in
de Sohle festlegen, so muss

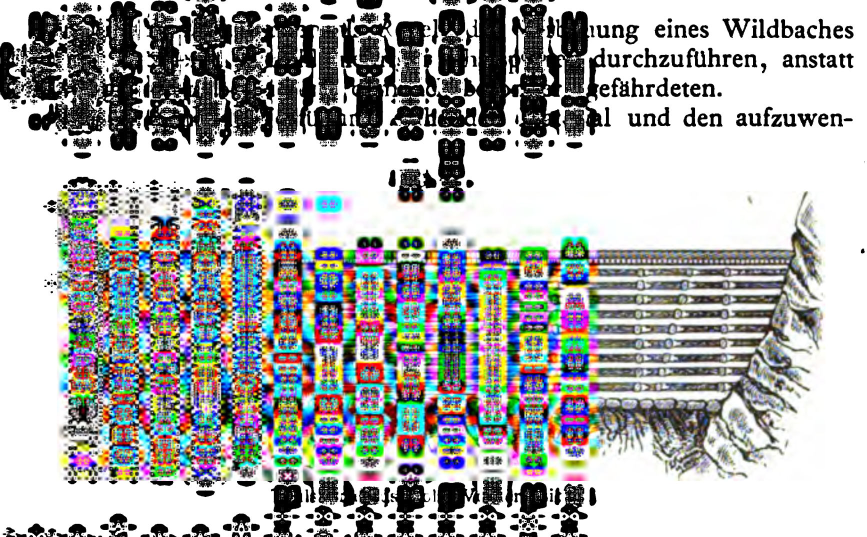


schnitt.

riss.

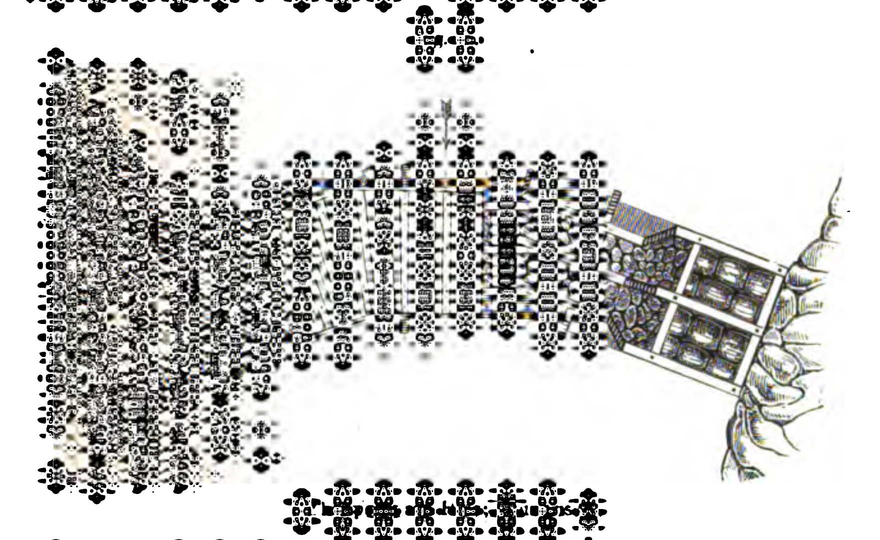
ng befindlichen Theiles

[illegible] ung eines Wildbaches
[illegible] durchzuführen, anstatt
[illegible] efährdeten.
[illegible] l und den aufzuwen-



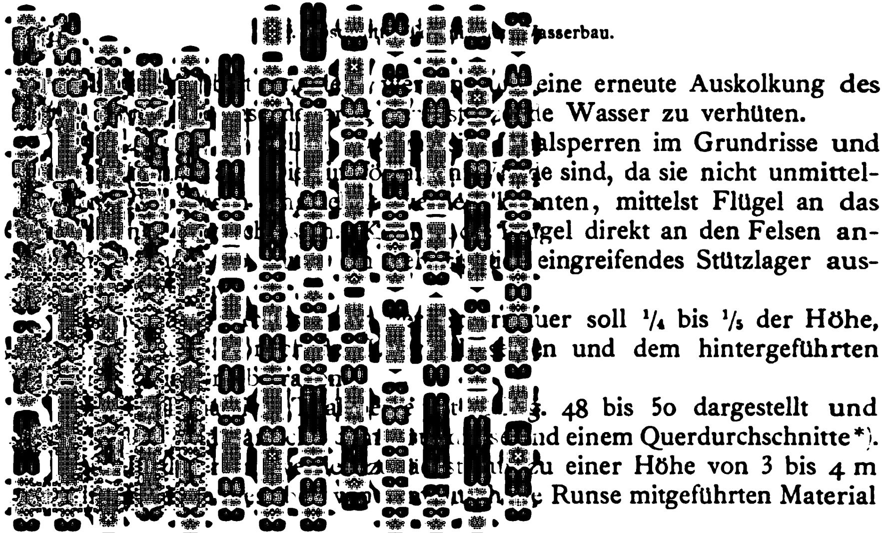
[illegible]

[illegible] Holz mit Steinen oder
[illegible] ist stets eine derartige,
[illegible] e Figur mit nach oben
[illegible] he wird häufig an der



[illegible]

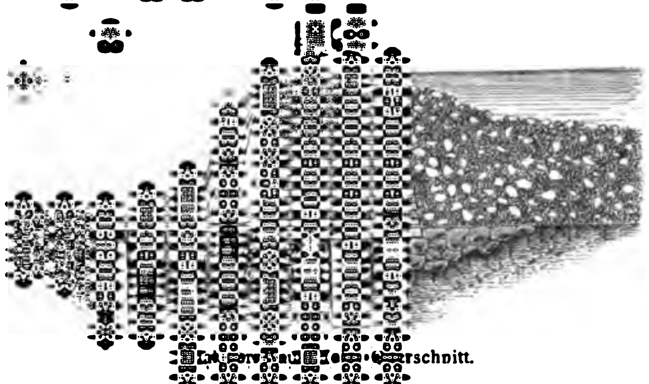
[illegible] etwas eingesenkt. Bei
[illegible] icherung gegen Unter-
[illegible] nschluss an die Seiten-
[illegible] uss vor der Thalsperre



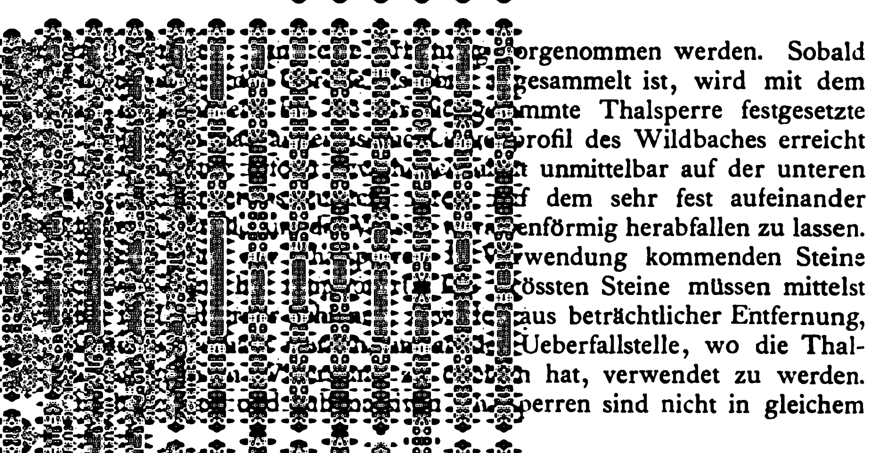
eine erneute Auskolkung des
le Wasser zu verhüten.
alsperren im Grundrisse und
e sind, da sie nicht unmittel-
nten, mittelst Flügel an das
gel direkt an den Felsen an-
eingreifendes Stützlager aus-

uer soll $1/4$ bis $1/5$ der Höhe,
n und dem hintergeführten

. 48 bis 50 dargestellt und
d einem Querdurchschnitte*).
u einer Höhe von 3 bis 4 m
Runse mitgeführten Material



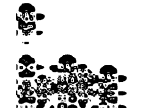
rschnitt.



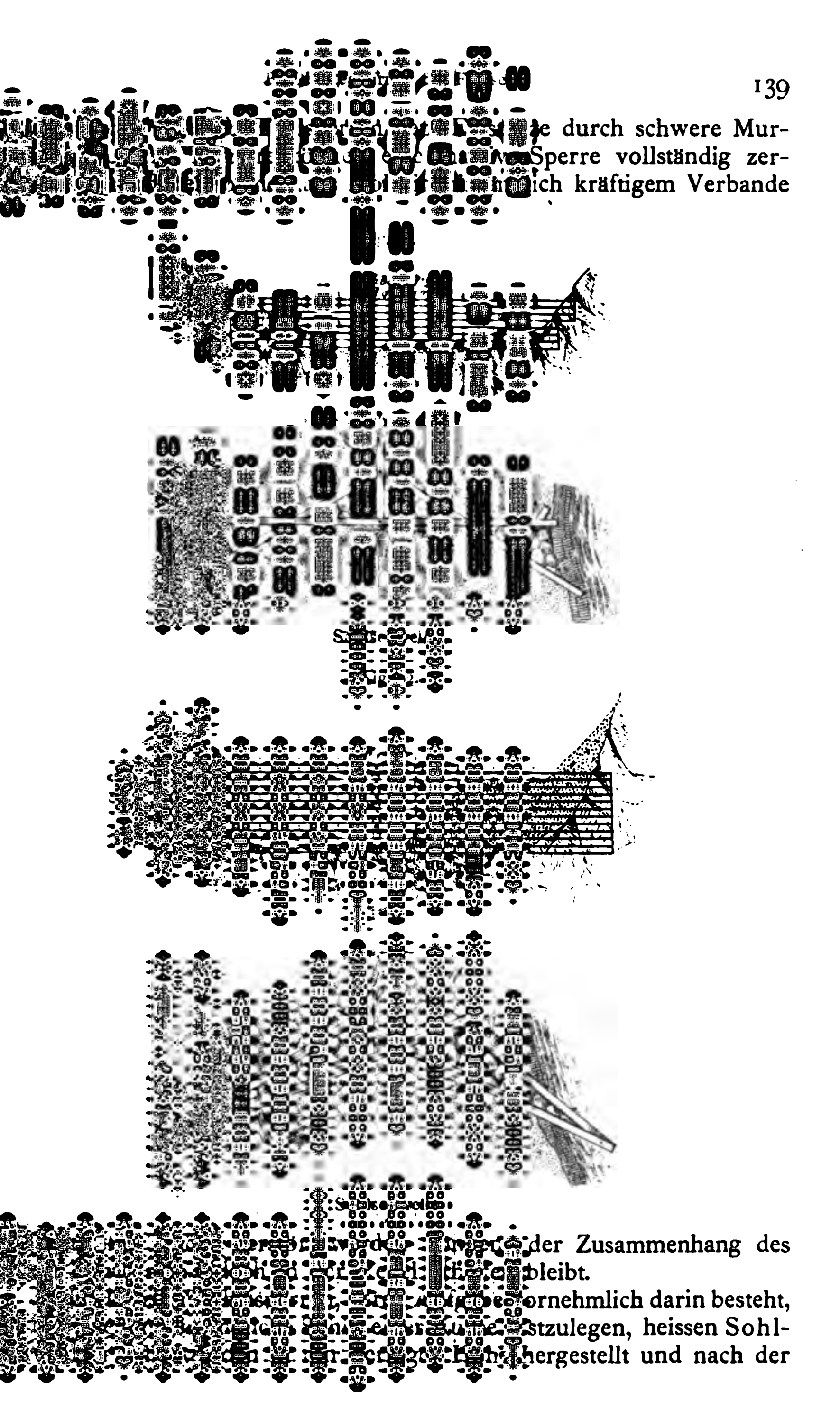
orgenommen werden. Sobald
gesammelt ist, wird mit dem
mmte Thalsperre festgesetzte
rofil des Wildbaches erreicht
unmittelbar auf der unteren
f dem sehr fest aufeinander
enförmig herabfallen zu lassen.
rwendung kommenden Steine
össten Steine müssen mittelst
aus beträchtlicher Entfernung,
Ueberfallstelle, wo die Thal-
hat, verwendet zu werden.
perren sind nicht in gleichem



r Wasserbaukunde, Blatt 16.



... e durch schwere Mur-
... Sperre vollständig zer-
... ich kräftigem Verbande



... der Zusammenhang des
... bleibt.
... ornehmlich darin besteht,
... stzulegen, heissen Sohl-
... hergestellt und nach der

Ausbildung des neuen Profiles durch weitere ähnliche Werke vervollständigt. Fig. 51 und 52 stellen mehrere Typen dieser Sohlschwellen dar, wie solche bei den Verbauungen im Gailthale in Kärnten in Verwendung kommen.*)

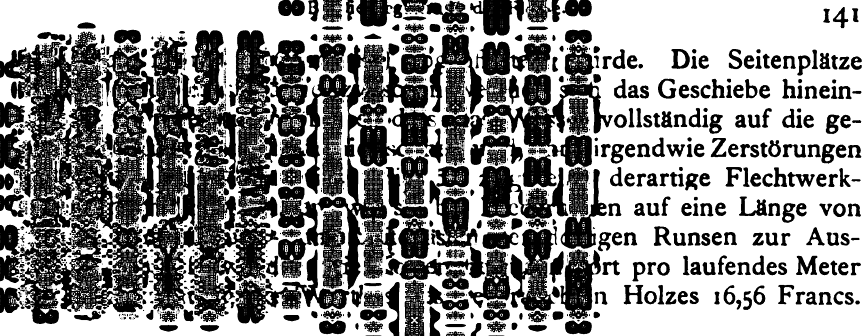
Zwischen den einzelnen Thalsperren werden oft, um den beabsichtigten Zweck, das Bett der Runse wieder aufzufüllen, möglichst schnell und sicher zu erreichen, Flechtzäune angelegt. Man führt dieselben in Abständen von 3 bis 4 m, und zwar in der Richtung der Horizontallinien. Die Pfähle werden in einer Entfernung von 0,60 m zu derartiger Tiefe eingetrieben, dass sie 0,50 m aus dem Boden hervorstehen und mit Weiden- oder Erlenruthen in der gewöhnlichen Weise durchflochten, worauf die hintere Seite mit dem vorhandenen Material bis zur vollen Höhe aufgefüllt wird. Hier sammelt sich nach Regengüssen erdiges Material, untermischt mit Samen von Gräsern, Sträuchen und Bäumen an, wodurch im Laufe der Zeit ein lebhaftes Pflanzenwachsthum und eine nachhaltige Befestigung des Bodens entsteht. Auf diese Weise kann der vordem vollständig vegetationslose Geröllboden zur Aufforstung geeignet gemacht werden.

Der Erfolg der Thalsperren ist fast immer ein günstiger; der Zweck wird nach einer Reihe von Jahren in vollkommener Weise erreicht und gelingt es oft, die zurückgehaltenen Gerölle durch Flechtzäune derartig anzuschichten, dass die Verwilderungen vollständig beseitigt werden.

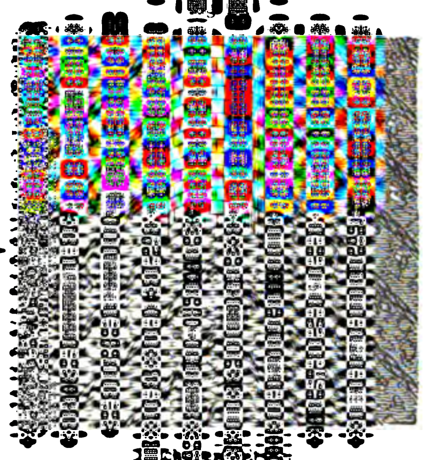
Flechtwerk-Etagen mit Steinschalen. Als Mittel zur Sicherung der Wildbachsohlen gegen fortgesetzte Vertiefung und die damit verbundene Unterspülung der Seitenflächen sind die von Jenny in Niederurnen zuerst angewendeten Flechtzäune zu erwähnen, welche sich als sehr wirksam erwiesen haben. Dieselben werden in ähnlicher Weise wie die beschriebenen Flechtwerke zwischen den Thalsperren angelegt; sie ziehen sich in Abständen von 3 bis 3,50 m muldenartig hin; ihre Höhe beträgt 0,30 bis 0,60, zuweilen auch bis 1,5 m. Wie bei einer Thalsperre legt sich das von oben mit der Runse herabgeführte Gerölle hinter die Flechtzäune, wobei freilich hin und wieder einige derselben in den oberen Partien umgeworfen werden. Sobald der Zwischenraum zwischen den einzelnen Flechtwerken durch das von oben und den Seiten hineingelangende Material gänzlich angefüllt ist, wird eine neue Reihe Flechtzäune darüber erbaut und so die Vertiefung allmählig gehoben, wobei man der Rinne eine Böschung ertheilt, welche den dauernden Bestand derselben sichert. So hat man in Niederurnen in der Schweiz einzelne tiefe Klüfte bis auf 16 m gehoben, sie angemessen abgeböscht und aus der früher unregelmässigen Gestalt eine breite Mulde hergestellt, welche schliesslich in einer Breite von 4 bis 6 m mit sehr grossen, tief ein-

---

*) Ueber Wildbäche und deren Verbauung im Gailthale (Kärnten) von P. Grueber, Zeitschrift des österreich. Ingenieur- und Architektenvereines, Jahrgang 1882, Seite 17.



…irde. Die Seitenplätze
…das Geschiebe hinein-
…vollständig auf die ge-
…irgendwie Zerstörungen
…derartige Flechtwerk-
…en auf eine Länge von
…gen Runsen zur Aus-
…rt pro laufendes Meter
…n Holzes 16,56 Francs.



…gler im Gebirge zur
…efe Gebirgsschutthalden
…den Steine vorhanden,
…herzustellen sind, bezw.
…ten gewonnen werden
…m Hauptbache bespült
…urz vollkommen sicher
…zubringende Thalsperre

…en.

…sobald die Stromkraft
…setzt. Dieser Fall liegt
…t geringerer Geschwin-
…erengungen des Fluss-
…e Geschwindigkeit des
…n der Uferlinien, bei

welchen die concaven Ufer einem besonders starken Angriffe des bewegten Wassers ausgesetzt sind. Ufer, welche in einer geraden Flussstrecke liegen, erfordern bei nicht zu beträchtlicher Geschwindigkeit des Wassers und zweckmässigem Profile häufig keinerlei Sicherung, namentlich wenn die Böschung eine angemessen flache ist. Noch günstiger stellt sich der Fall bei den convexen Ufern, welche bei mittlerer Wassergeschwindigkeit und flacher Böschung zumeist keines weiteren Schutzes bedürfen.

Die einfachsten Schutzvorrichtungen für die Erhaltung der Ufer sind Rasendeckungen und Anpflanzungen, welche oft dem Ufer einen hinlänglichen Halt gewähren, namentlich in dem Falle, dass der Fuss des Ufers, d. h. der Theil, welcher sich unmittelbar zur Flusssohle fortsetzt, eine gehörige Abflachung nach dieser hin hat. Bei steil geböschten Ufern würde vor der Anpflanzung stets eine angemessenere Böschung, je nach der Natur des Bodens 1 : 1,5 bis 1 : 2, herzustellen sein. Die Pflanzungen erweisen sich in mehrfacher Hinsicht als vortheilhaft. Zunächst geben ihre Wurzeln dem Boden einen guten Zusammenhalt, so dass eine Abspülung desselben erschwert wird; die Zweige, welche bei dem anzustrebenden üppigen Wuchse in das Wasser hineinhängen, veranlassen ferner eine Verlangsamung der Wassergeschwindigkeit. Hieraus resultirt eine schwächere Inangriffnahme der Ufer und, was in vielen Fällen erwünscht ist, ein Niederschlag erdiger, von dem Wasserlaufe mitgeführter Bestandtheile am Fusse der Böschung. Schliesslich geben viele Pflanzungen einen angemessenen Ertrag, wodurch sich zum Mindesten die Kosten der Uferdeckung bezahlt machen; oft gewinnt man auch noch eine hinlängliche Menge Faschinenmaterial, welches für anderweitige Uferbauten sehr werthvoll ist.

Am meisten empfiehlt sich das Anpflanzen von Weiden, von denen namentlich die Korbweide, *Salix viminalis,* die rothe Uferweide, *S. purpurea* und die Bachweide, *S. helix,* für Uferpflanzungen benutzt werden. Die Anpflanzung geschieht mittelst frisch geschnittener Stecklinge von 15 bis 20 mm Stärke und je nach der tieferen oder höheren Lage des Ufers über der Wasserlinie in einer Länge von 0,45 bis 0,80 m. Im ersteren Falle wählt man die längeren Stecklinge, im letzteren die kurzen. Man steckt dieselben ziemlich tief in den Boden und zwar in lockerem Boden unmittelbar, in festerem in Gräben oder gebohrten Löchern. Die Stellung der Pflänzlinge zu einander weicht in den verschiedenen Gegenden erheblich von einander ab und richtet sich hauptsächlich nach der Breite der zu schützenden oder zu erhöhenden Fläche. Theils werden dieselben in mehreren Reihen hintereinander in einem Abstande von je 0,30 m von einander gestellt, theils setzt man die Stecklinge in sogenannten Nestern, d. h. in runden Löchern von etwa 1 m Durchmesser, in welchen jedesmal etwa 30 Stück am Umfange eingesetzt werden. Die Erde wird hierauf wieder eingefüllt und festgestampft. Die Entfernung der einzelnen Nester von einander beträgt etwa 2 bis 3 m.

Als passendste Zeit für die Anpflanzungen hat sich das Frühjahr und

der Herbst ergeben; jedenfalls muss dafür Sorge getragen werden, dass in der Pflanzzeit der Boden weder zu nass noch zu trocken oder gefroren ist. Die Wintermonate sowohl als auch die Hochwasserperiode eignen sich demnach nicht für diese Arbeit.

Bei Anpflanzungen von Strauchwerk oder Bäumen an den Ufern sehr kleiner Wasserläufe muss darauf Bedacht genommen werden, dass durch dieselben nicht im Laufe der Zeit eine schädliche Verengung des Profiles eintrete, welche nach stattgehabter Verwurzelung der Anpflanzung nur sehr mühsam und mit nicht unbeträchtlichen Kosten beseitigt werden kann.

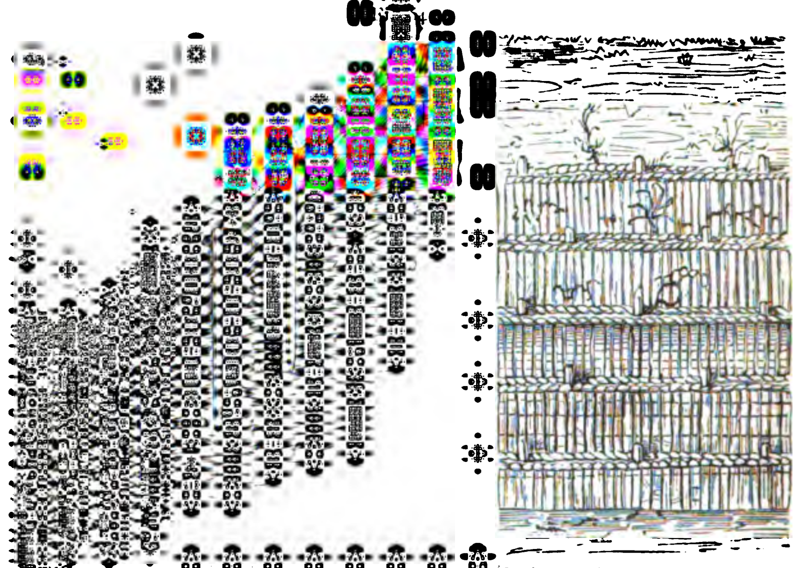
Die künstlichen Uferbefestigungen erfolgen entweder mit Hülfe von zu Faschinen verarbeitetem Strauchwerke, mittelst Steine, beider Deckmaterialien gemeinschaftlich oder endlich mittelst Bohlwerke. Letztere können hier übergangen werden, da sie nur in beschränktem Masse und zumeist da, wo man die Ufer vertical erstellen will, fast niemals aber im Interesse einer landwirthschaftlichen Melioration ausgeführt werden.

Das dauerhafteste Material zur Befestigung der Ufer sind zweifellos Steine, welche jedoch in vielen Gegenden so kostspielig zu beschaffen sind, dass man auf die Verwendung von Faschinen, welche allerorts leicht erzeugt werden können, angewiesen ist. Uebrigens stellt sich der Nutzen und die Dauer der letzteren nicht ungünstig; die stets unter Wasser liegenden Faschinentheile haben eine sehr lange Dauer und geben auch den genügenden Schutz für das Ufer, so dass der beabsichtigte Zweck stets erreicht werden kann.

Als Material für den Faschinenbau dienen Sträuche von nicht zu sprödem Holze und in recht grosser Länge, damit eine gute Verbindung der einzelnen Theile bewerkstelligt werden kann. Aus diesem Grunde empfiehlt sich der Weidenstrauch am meisten; jedoch eignen sich auch andere weiche Holzarten, wie Ellern, Pappeln, Espen, zur Herstellung von Faschinen. Das Material muss frisch verwendet werden, wo es noch die angemessene, späterhin mit dem Trocknen erheblich abnehmende Biegsamkeit besitzt. Die Verwendung von harten Holzarten, wie Eichen, Buchen, Haselnuss u. a. ist übrigens nicht ausgeschlossen; dieselben sind sogar zu empfehlen, wenn man nicht im Stande ist, die Faschinen sogleich nach dem Schneiden zu benutzen, sondern sie eine unbestimmte Zeit hindurch — bis zum Eintritte des passenden Wasserstandes — in Haufen liegen lassen muss. Hier zeigen sie eine bessere Haltbarkeit als weiche Hölzer, welche unter dem mangelnden Luftzutritte und der vorhandenen Feuchtigkeit leicht einen Verrottungsprocess durchmachen. Das Faschinenholz wird zumeist unbelaubt angewendet; jedoch ist in vielen Fällen kein Nachtheil mit der Belassung des Laubes an den Sträuchen verbunden. Die unbelaubten Faschinen sind im Vergleiche zu dem Volumen schwerer als die belaubten und demnach gegen die Einwirkung der Strömung widerstandsfähiger.

gen entweder als sogenannte
k oder als Senkfaschinen

se hergestellt, dass die Ufer-
m Strauchholze belegt und
s biegsamem dünnem Holze
Pfähle werden in einem Ab-
r in den Boden geschlagen
nze Lage einige Centimeter
verwendet man zu den Be-



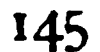
Vorderansicht.

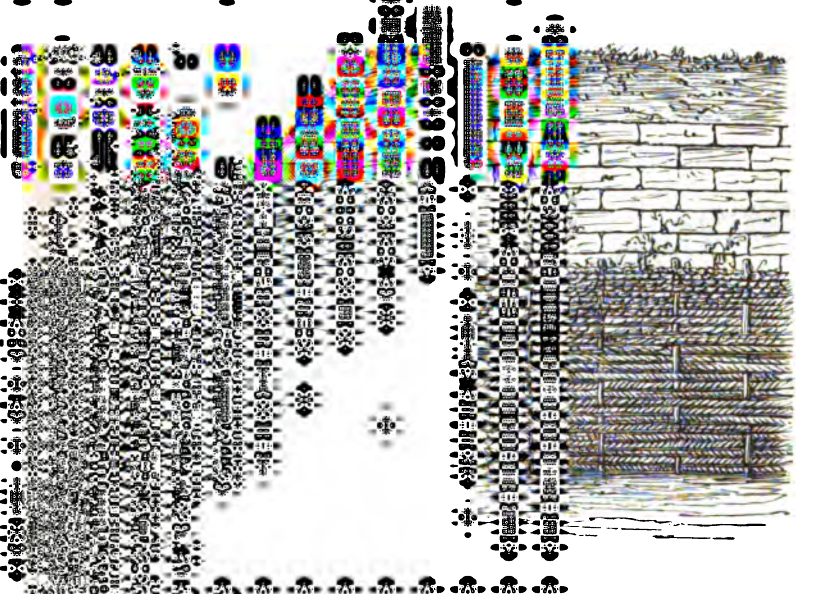
ölzer, deren sich bildende
r beitragen, während man
einen Ertrag erzielen kann.
im Durchschnitte und in der

en Sträuchen, als solche ge-
rgestellt. In Abständen von
Weidenholz, hart am Ufer in
srichtung eingetrieben und
hzogen. Der Zwischenraum
wird mit Erde angeschüttet
le wachsen auch bei dieser
Boden getrieben sind, leicht



[illegible] esten im Frühjahre, in [illegible]. Sie geben oft einen [illegible] estigung, besonders bei [illegible] n. Fig. 55 zeigt diese [illegible] rachten Rasendeckung, [illegible] eit vielfach angewendet [illegible] rt. Die abgestochenen [illegible], mit der Rasennarbe [illegible] bereinander gelegt und [illegible]. In kurzer Zeit ver-

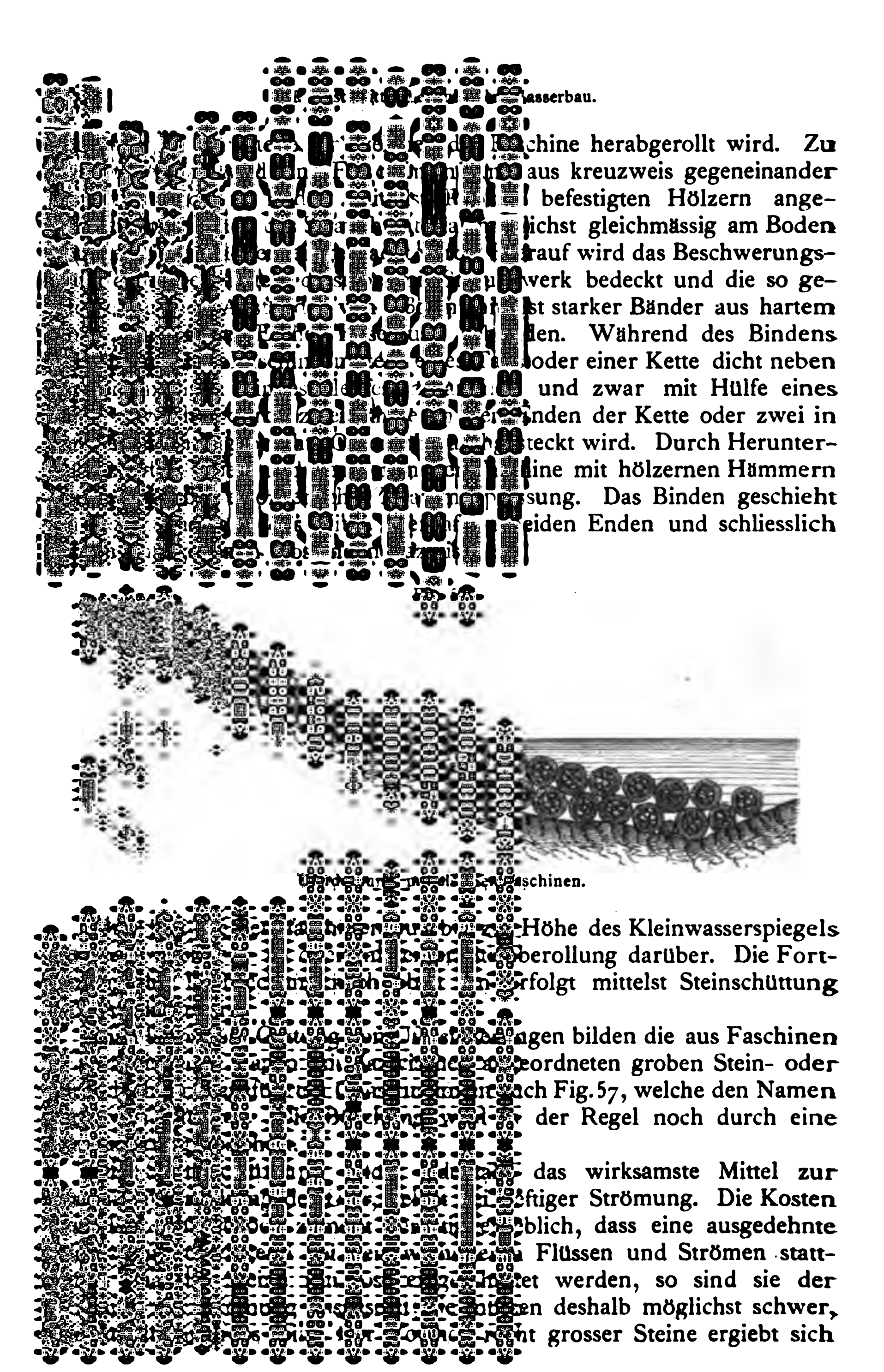




[illegible] t und Vorderansicht.

[illegible] inander und geben so [illegible] starken Niederschlägen [illegible]

[illegible] rauchwerk hergestellte, [illegible] hliessungen. Die Länge [illegible] s ,1 m. Als Füllungs- [illegible] Die Senkfaschine bleibt [illegible] velcher sie in den Fluss [illegible] wie eine Steinschüttung [illegible] wenn man das Stein- [illegible] te erhalten kann. Die [illegible] unmittelbar am Ufer



chine herabgerollt wird. Zu
aus kreuzweis gegeneinander
befestigten Hölzern ange-
ichst gleichmässig am Boden
rauf wird das Beschwerungs-
werk bedeckt und die so ge-
st starker Bänder aus hartem
len. Während des Bindens
oder einer Kette dicht neben
und zwar mit Hülfe eines
nden der Kette oder zwei in
teckt wird. Durch Herunter-
line mit hölzernen Hämmern
sung. Das Binden geschieht
eiden Enden und schliesslich

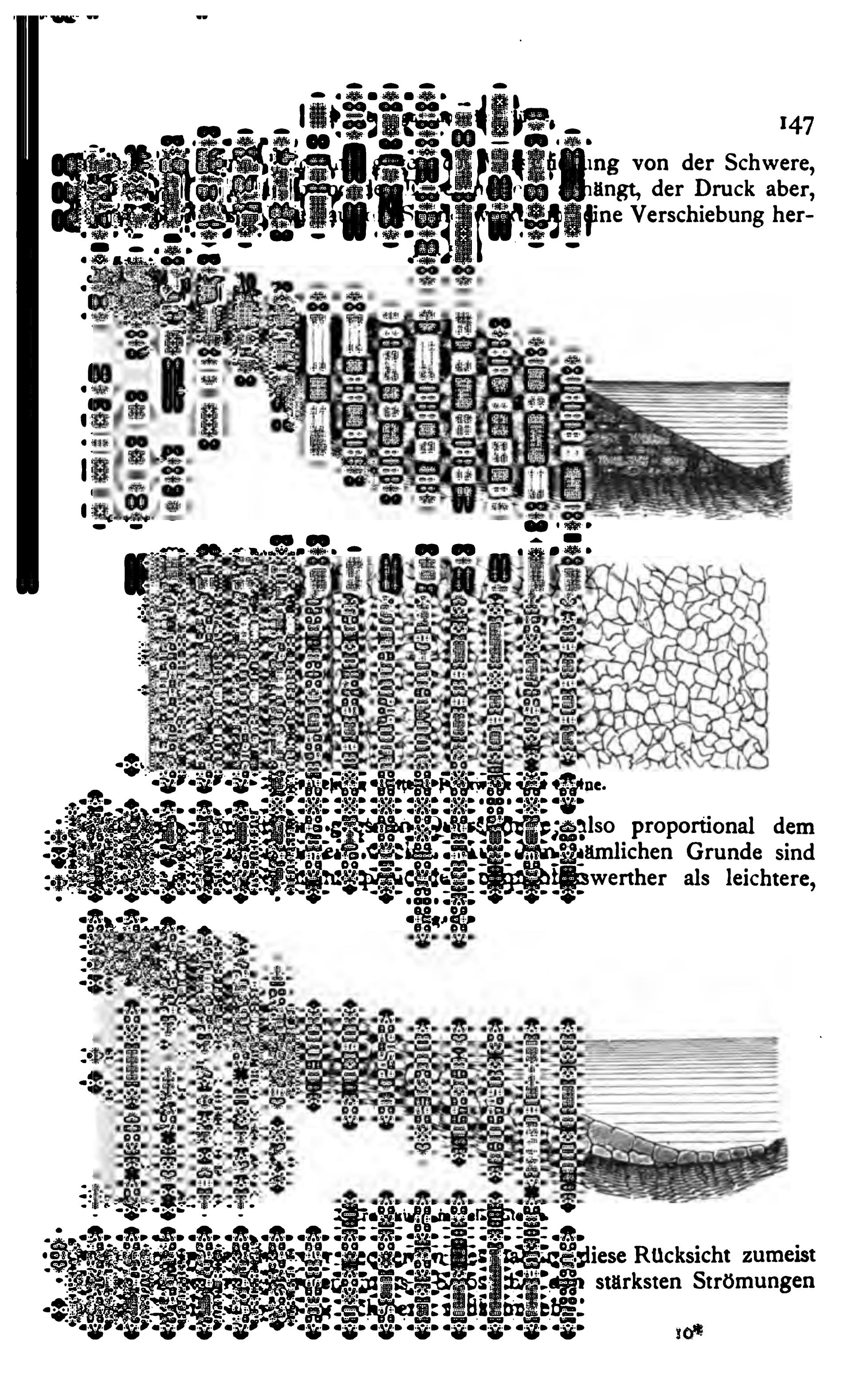
schinen.

Höhe des Kleinwasserspiegels
berollung darüber. Die Fort-
rfolgt mittelst Steinschüttung

agen bilden die aus Faschinen
ordneten groben Stein- oder
ch Fig. 57, welche den Namen
der Regel noch durch eine

das wirksamste Mittel zur
ftiger Strömung. Die Kosten
blich, dass eine ausgedehnte
Flüssen und Strömen statt-
et werden, so sind sie der
n deshalb möglichst schwer,
t grosser Steine ergiebt sich

…ing von der Schwere, …hängt, der Druck aber, …ine Verschiebung her-



…also proportional dem …ämlichen Grunde sind …werther als leichtere,

…iese Rücksicht zumeist …stärksten Strömungen

Die Höhe der Steinschüttung erfolgt wie bei den Senkfaschinen bis zum niedrigsten Wasserspiegel; hier wird in der Regel ein Bankett von 0,60 bis 2 m Breite angeordnet und der obere Theil der Uferböschung abgepflastert. Die Steinschüttung erhält eine 1½ bis 2fache Böschung je nach der Geschwindigkeit des angreifenden Wassers. In Fig. 58 ist ein derartig befestigtes Ufer dargestellt. Bei kleinen Bächen, welche zeitweise trocken liegen, kann man oft eine Abpflasterung bis zum Fusse der Böschung herstellen. Damit an dieser Stelle keine Unterspülung stattfinde, welche ein Nachstürzen der gesammten Bedeckung zur Folge haben könnte, ist es erforderlich, die Abpflasterung etwa tiefer als bis zur Sohle anzulegen und zwar je nach der Bodenart 0,30 bis 0,60 m tief. Jedenfalls empfiehlt es sich bei reissenden Wasserläufen, die Steinschüttungen in derartigen Vertiefungen des Böschungsfusses hineinzubringen, damit keine Unterspülung stattfinde.

c. Die Einschränkungswerke.

Einschränkungswerke sind bauliche Anlagen, welche die Flussbreite einschränken, durch die vermehrte Strömung einzelne Theile des Profiles in Abbruch versetzen und an anderen Theilen durch Verminderung derselben eine Verlandung herbeiführen. In erster Linie werden dieselben in Anwendung gebracht, um eine angemessene Schifffahrtsstrasse in den Strömen und Flüssen herzustellen; jedoch werden sie zuweilen auch benutzt, um denselben einen die Vorfluth mehr fördernden Lauf zu geben und eine Verlandung in Abbruch gerathener Ufer herbeizuführen.

Man unterscheidet die Einschränkungswerke in Buhnen (Einbaue) und Parallelwerke (Streichwerke). Erstere sind diejenigen Werke, welche vom Ufer aus normal oder geneigt zur Stromrichtung in den Fluss hineinreichen, dessen Breite an einzelnen Profilen verengen und bei niedrigen Wasserständen in der Regel über den Wasserspiegel hervortreten. Parallelwerke dagegen werden in der Richtung der zu erstellenden neuen Ufer im Flusse angelegt, schliessen an einzelnen Stellen an das alte Ufer an und schränken das Flussprofil in der ganzen zu regulirenden Strecke ein.

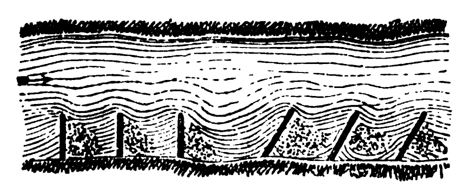
Da der Bau der Einschränkungswerke in erster Linie zur Herstellung einer zweckentsprechenden Schifffahrtsstrasse erfolgt, während das Landescultur-Interesse zumeist nur wenig, in umfassendem Masse nur bei den Gebirgsflüssen, in Betracht kommt, so können dieselben hier nur kurz behandelt werden; in Betreff ihrer Specialconstruction muss auf die am Schlusse angegebenen Werke des allgemeinen Wasserbaus verwiesen werden.

Die Buhnen Fig. 59. Je nach der Richtung, welche dieselben gegen den Stromstrich erhalten, unterscheidet man stromaufwärts gerichtete oder inclinante, ferner normal gegen die Stromrichtung gestellte und endlich stromabwärts gerichtete oder declinante Buhnen.

Stets gehört zu einer Buhnenanlage eine Anzahl in angemessenen Abständen auf einander folgender Buhnen, von deren gemeinschaftlicher Wirkung der beabsichtigte Erfolg erwartet wird, es sei denn, dass die Buhnen zur Leitung des Wassers in eine bestimmte Richtung dienen, z. B. in einen sich vom Flusse abzweigenden Canal oder zum Sperren eines Armes. Die Entfernung der einzelnen zusammenwirkenden Buhnen richtet sich nach dem Zwecke derselben und der Breite des Flusses. Soll durch dieselben eine Verlandung erfolgen, so müssen sie ziemlich nahe aneinander gestellt werden, wobei oft noch zwischen je zwei Buhnen sogenannte Schlickfänge, aus Faschinengeflecht hergestellt, angebracht werden, um dem Wasser seine Geschwindigkeit zu nehmen und dasselbe zum möglichst vollständigen Absetzen der mitgeführten Sinkstoffe zu veranlassen.

Zwischen den einzelnen Buhnen soll eine Verlandung in Folge der Geschwindigkeits-Verminderung erfolgen. Diese Verlandung wird in der


Fig. 59.



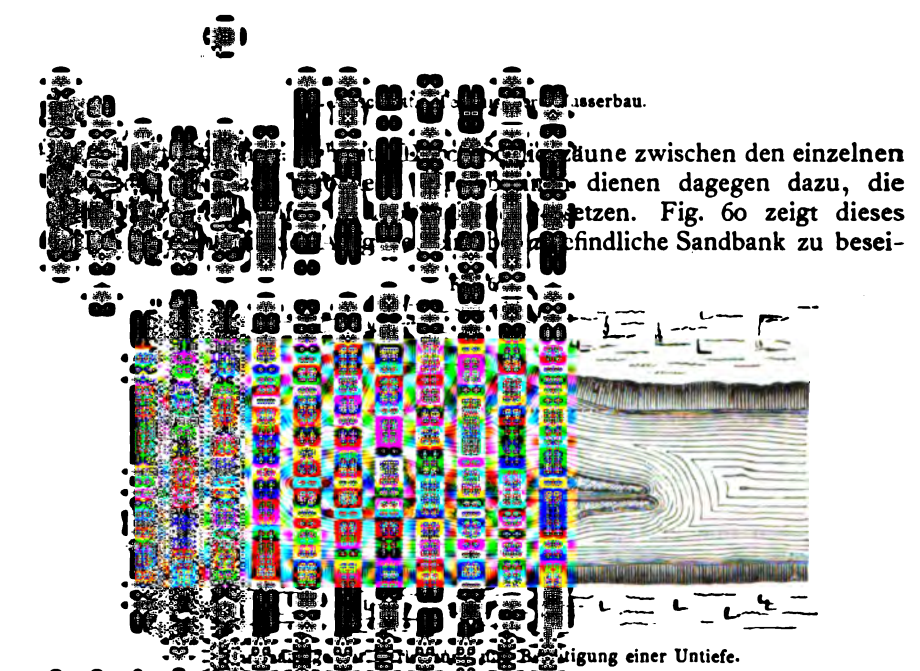
Buhnen.

Regel bei den inclinanten, unter einen Winkel von etwa 70° gestellten Buhnen am schnellsten erreicht, da das Wasser zwischen denselben am vollständigsten zur Ruhe gelangt. In der Mitte des Zwischenraumes zeigt sich die geringste Geschwindigkeit, so dass sich hier zunächst Kiesbänke bilden, die allmählig anwachsen und an Ausdehnung gewinnen. Bei den declinanten Buhnen strömt das Wasser zuweilen derartig über den Kopf der Buhne, dass es gegen das Ufer geleitet wird und dieses in Abbruch versetzt. Aus diesem Grunde sind die inclinanten Buhnen den letzteren in der Regel vorzuziehen.

Da die Buhnen das Profil des Wasserlaufes verengen, so entsteht in dem eingeschränkten Profile eine verstärkte Strömung, welche häufig mit Erfolg zur Vertiefung der Sohle, zur Weiterführung von Sinkstoffen und auch zum Angriffe auf das der Buhnenseite entgegengesetzte Ufer benutzt wird. Zuweilen erhalten beide Ufer einen Schutz durch Buhnen und zwar, wenn es sich in erster Linie um eine Vertiefung des Flussschlauches handelt.

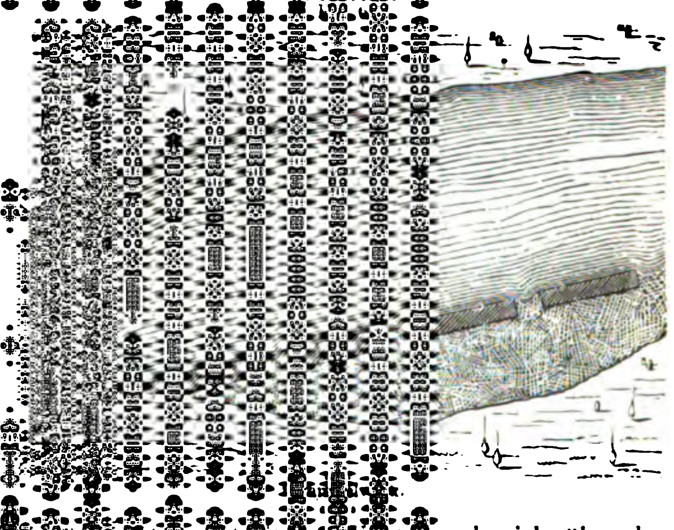
Die wichtigsten Gattungen von Buhnen sind die Fangbuhnen und die Treibbuhnen. Erstere sollen dem Ufer Vorland verschaffen, wirken also hauptsächlich durch die Beförderung der Alluvionen-Bildung. Die Fangbuhnen werden nur niedrig erstellt und in dem Masse, wie die Ver-

...äune zwischen den einzelnen ... dienen dagegen dazu, die ...etzen. Fig. 60 zeigt dieses ...efindliche Sandbank zu besei-



...igung einer Untiefe.

...treibens in der Stromrichtung ...e ausgebaggert. Durch hohe ...n gelungen, selbst Inseln im ...vellen versteht man Buhnen,



...ande nicht über den Wasser- ...ebung der Sohle, theils zum ...n ersteren Falle werden sie

Auch gewisse Einzelwerke werden als Buhnen bezeichnet, z. B. Trennungsbuhnen (Sporne), mit der Aufgabe, die Ableitung eines Seitencanales zu regeln oder einen Nebenfluss in zweckmässiger Richtung in den Hauptfluss einzuführen, ferner die Sperrbuhnen (Coupirungen) mit der Aufgabe, bei Stromspaltungen einen Arm vollständig abzuschliessen.

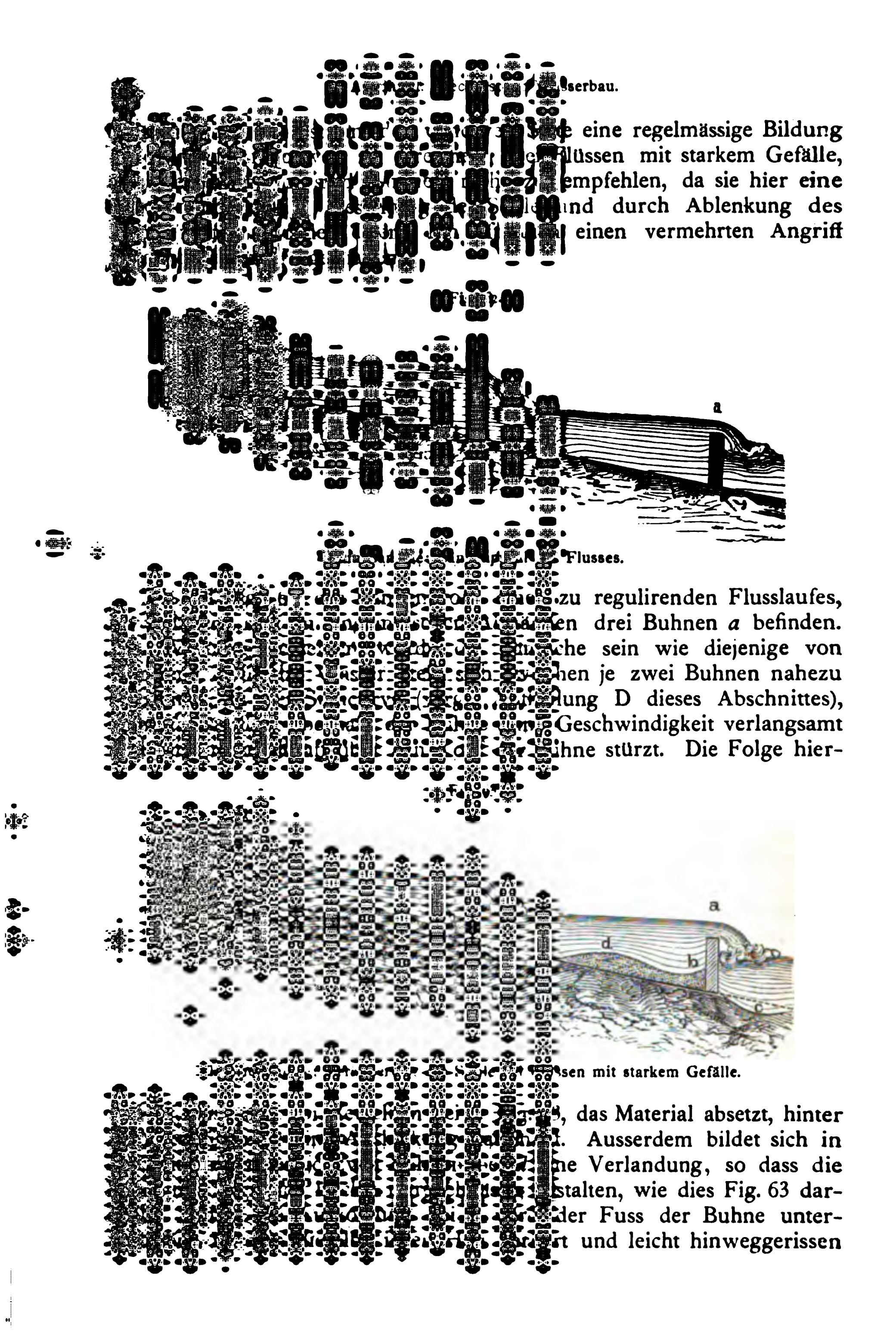
Die Parallel- oder Streichwerke sind Flussbauten, welche bei einer beabsichtigten Verengung des Flussprofiles das neue Ufer zu bilden haben. Sie schliessen gewöhnlich mit dem oberen Ende an das Ufer an und ermöglichen den Eintritt des Wassers zwischen dem Werke und dem alten Ufer durch Oeffnungen, welche sich in angemessenen Abständen befinden (Fig. 61). Hier kommt das Wasser zur Ruhe und setzt das mitgeführte Material ab, so dass sich die Verlandung oft ziemlich schnell bis zum neuen Ufer vollzieht. Bei kleinen Bächen, wo die Füllmasse nicht sehr beträchtlich ist, hat man oft die Verlandung durch Einbringen von Erde befördert und so in kürzester Zeit die Regulirung bewerkstelligt. In dem verengten Flussprofile bewegt sich das Wasser mit verstärkter Geschwindigkeit, wodurch Ablagerungen beseitigt, ihre Neubildung zum Mindesten aber verhindert wird. Die Höhe der Parallelwerke ist gewöhnlich die des normalen Hochwassers oder etwas darüber, so dass kein starker Ueberstarz stattfinden kann.

Bei sehr ausgedehnten Parallelwerken schliesst man dieselben in gewissen Abständen durch Traversen, d. h. buhnenartige Querdämme, gegen das alte Ufer an, sowohl um dem Bau eine grössere Stabilität zu geben, als auch, um das Hinterwasser in einzelnen Bassins abzuschliessen, in denen es vollkommener zur Ruhe und zum Absetzen der mitgeführten Materialien gelangt als in einem lang ausgestreckten Raume. Die Traversen werden stets niedriger angelegt als der Streichbau, damit das Hochwasser über dieselben strömen kann.

Die Parallelwerke wirken in Folge der Einschränkung des Profiles in der Weise, dass sie die auf der Sohle abgelagerten, beweglichen Sinkstoffe weiter abwärts führen, mithin eine grössere Wassertiefe erzeugen. Die Sinkstoffe lagern sich jedoch unterhalb der Correctionsstelle, sobald die Stromgeschwindigkeit sich vermindert und namentlich bei niedrigen Wasserständen wieder ab, wodurch dort häufig grosse Unregelmässigkeiten entstehen. Die Verlandung zwischen den Streichbauten und den alten Ufern erfolgt bei Hochwasser, wenn auch nicht immer so schnell, wie es erwünscht ist.

Buhnen oder Parallelwerke? Die ersten Anlagekosten der Buhnen sind geringer als diejenigen der Parallelwerke, wegen der geringen Länge und Höhe der Buhnen; eine dauernde Unterhaltung ist in der Regel nur an den Köpfen derselben erforderlich. Sie gestatten eine Vorschiebung, also Vermehrung der Einschränkung, so dass anfängliche Fehler bei zu weiter Bemessung derselben ohne Schwierigkeiten beseitigt werden können. Dagegen bewirken sie eine unregelmässige Strömung des Wassers, wodurch die Sohle oft sehr heftigen Angriffen ausgesetzt wird. Namentlich in

...e eine regelmässige Bildung
...flüssen mit starkem Gefälle,
...empfehlen, da sie hier eine
...und durch Ablenkung des
... einen vermehrten Angriff



...Flusses.

...zu regulirenden Flusslaufes,
...en drei Buhnen *a* befinden.
...che sein wie diejenige von
...hen je zwei Buhnen nahezu
...lung D dieses Abschnittes),
...Geschwindigkeit verlangsamt
...hne stürzt. Die Folge hier-

...ssen mit starkem Gefälle.

..., das Material absetzt, hinter
... Ausserdem bildet sich in
...ne Verlandung, so dass die
...stalten, wie dies Fig. 63 dar-
...der Fuss der Buhne unter-
...t und leicht hinweggerissen

werden kann. Namentlich bei eintretendem Hochwasser zeigt sich diese Calamität recht häufig, durch welche zuweilen die Arbeit vieler Jahre in kürzester Zeit verloren geht.

Endlich muss noch als Nachtheil der Buhnen bezeichnet werden, dass ihr Erfolg erst viel später eintritt als derjenige der Parallelwerke.

Diese gelangen dagegen, da sie die neuen Ufer unmittelbar bilden, in Hinsicht auf die häufig beabsichtigte Erosion der Sohle sofort in Wirksamkeit. Die Wasserfäden im verengten Bette bewegen sich annähernd parallel zu einander, was namentlich für Flusskrümmungen von grossem Werthe ist. Dagegen sind sie erheblich kostspieliger als die Buhnen; die Verlandung der Bassins finden nur bei stark Geschiebe führenden Flüssen schnell, bei solchen mit wenig Sinkstoffen dagegen langsam statt. Durch Ueberströmungen sind die Anlagen oft erheblichen Beschädigungen ausgesetzt. Als ein wesentlicher Nachtheil der Parallelwerke muss noch anerkannt werden, dass Fehler in der Bemessung der Einschränkung nicht wieder beseitigt werden können, dass solche vielmehr einen vollständigen Umbau nothwendig machen.

Es geht aus dieser Darlegung hervor, dass für Gebirgsflüsse die Streichwerke in der Regel angezeigt sind, dass dagegen für Flüsse mit geringerer Stromgeschwindigkeit ein bestimmtes System nicht als das allein zweckentsprechende bezeichnet werden kann. Man wird vielmehr je nach den Verhältnissen und dem zu erreichenden Ziele bald das eine, bald das andere System zu wählen haben.

Schlichting*) empfiehlt ein combinirtes Regulirungssystem mit dem Principe, Buhnen zum Ausbau aller convexen Ufer, Parallel- und Deckwerke zum Ausbau aller concaven Ufer zu verwenden, bei Regulirung gerader Strecken aber Parallelwerke bei geringer und Buhnen bei grösserer Entfernung der Streichlinien vom Ufer anzuordnen. Es gelten diese Grundsätze jedoch speciell für die Schiffbarmachung der Flüsse.

Die technische Ausführung und die Abmessungen der Buhnen und Parallelwerke richten sich nach der Stärke der Strömung und dem am leichtesten zur Verfügung stehenden Material. Namentlich ist bei der Ausführung des Baus auf einen möglichst gesicherten Uferanschluss Rücksicht zu nehmen, damit keine Hinterspülung stattfinden kann. Oft ist man zu diesem Zwecke genöthigt, die „Wurzel" der Buhne in das Ufer einschneiden zu lassen und dieses auf beiden Seiten der Buhne mit einer angemessenen Deckung zu versehen. Auch hat man es zum Zwecke der Sicherung des Uferanschlusses als vortheilhaft befunden, die Krone der Buhne gegen das höher gelegene Ufer ansteigen zu lassen, wobei jedoch eine Erhebung derselben über der Uferhöhe nicht zulässig ist.

Als Material für den Bau der Buhnen wendet man wie bei den

*) Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Band. Der Wasserbau von L. Franzius und Ed. Sonne, 2. Auflage, Seite 148; Leipzig 1883.



[illegible] Packwerksbau an. Fig. 64
[illegible] in der Seitenansicht. Die
[illegible] ng gebildet, welche bis zur
[illegible] entstehende Zwischenraum
[illegible] iesslich der obere Theil mit
[illegible] es Buhnenkörpers wird ge-
[illegible] man auch zuweilen 1½ fache

[illegible] ne.

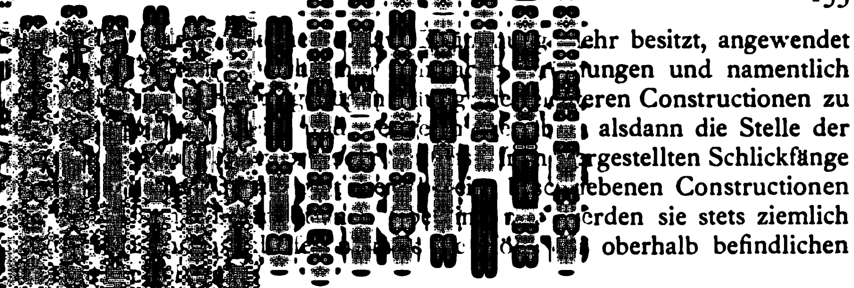
[illegible] wärts gerichteten Seite, wenn
[illegible] schädigungen zu befürchten
[illegible] derselbe dem stärksten An-
[illegible] chwache Dossirung, in dem

[illegible] mbination von Senkfaschinen
[illegible] h der Uferdeckung Fig. 57

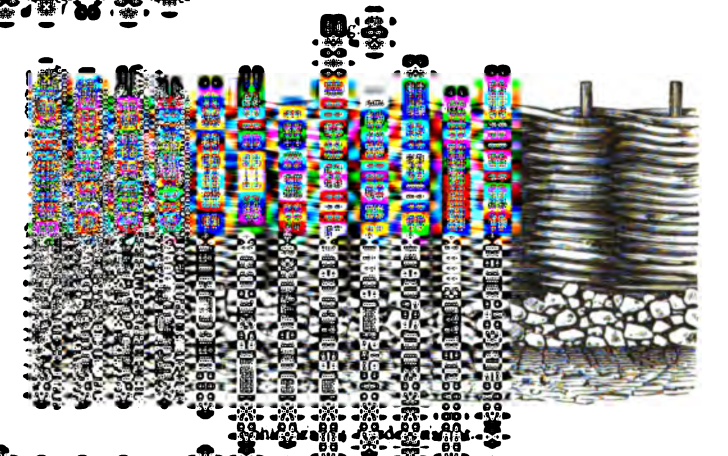
[illegible] hne.

[illegible] ischen den einzelnen Buhnen
[illegible] chst vollkommenes Zurück-
[illegible] werden zumeist aus Flecht-
[illegible] n in Packbau oder mittelst
[illegible] walt der Strömung bereits
[illegible] chtere Construction wählen,
[illegible] etzung des Buhnensystemes,



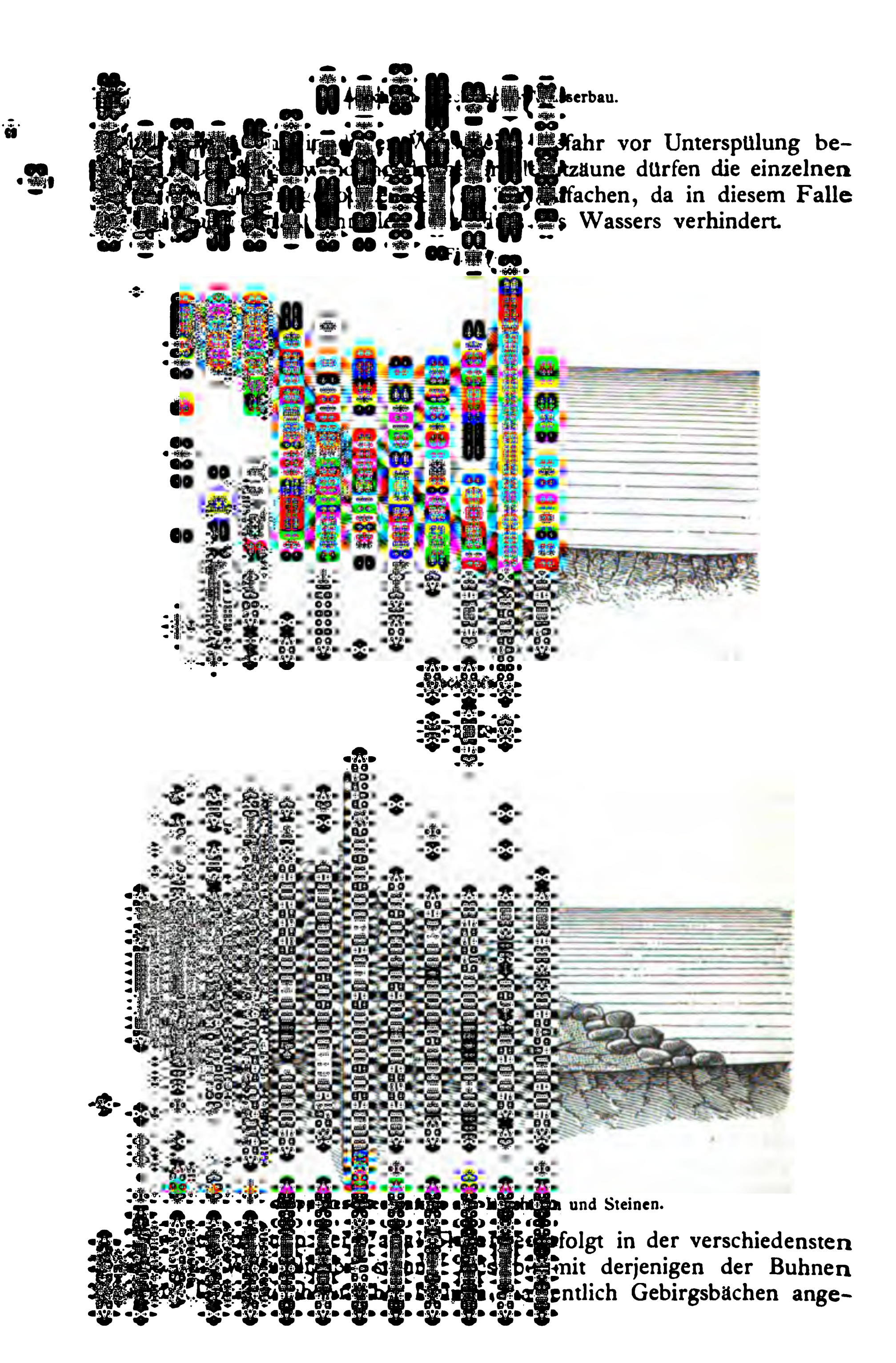


…ehr besitzt, angewendet
…ungen und namentlich
…eren Constructionen zu
… alsdann die Stelle der
…rgestellten Schlickfänge
…ebenen Constructionen
…erden sie stets ziemlich
… oberhalb befindlichen



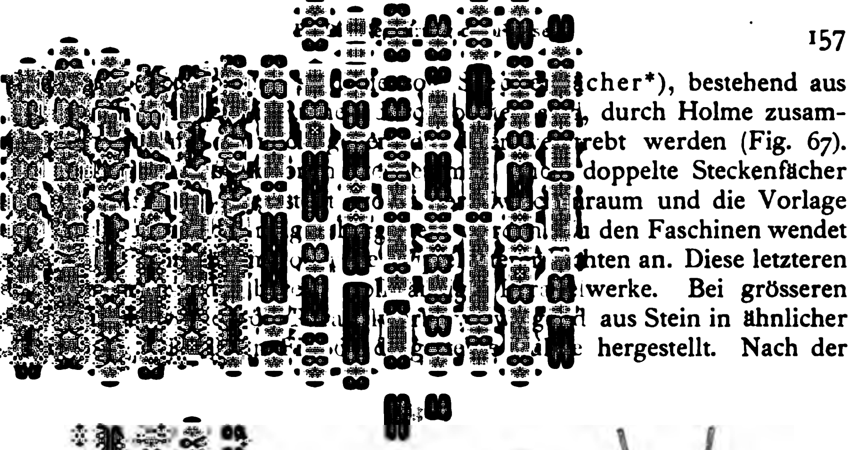
…argestellt. In Abständen
…n Boden getrieben, am
…m. Die Pfähle werden
…sich auf denselben ver-
…er einer härteren Holz-
…nen und anderen Pfahl
…getrieben. Ist ein Um-
…eiden Seiten oder min-
…eine Stein- oder Kies-
…s namentlich leicht der
…is zur Sohle herunter-
…höhter Geschwindigkeit
…trömt, so muss an der
…lche Stein- oder Kies-
… werden häufig in der
…er beschriebenen Con-
…erbaut und die oberen
…erden. Der entstehende
…sicher zu Boden sinken,
…in den unteren Theilen

fahr vor Unterspülung be-
zäune dürfen die einzelnen
fachen, da in diesem Falle
s Wassers verhindert.

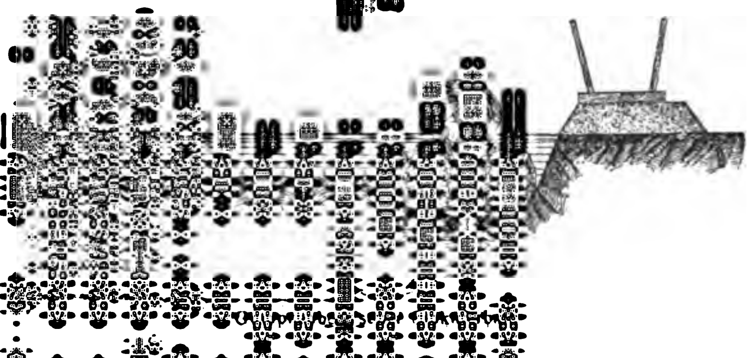


und Steinen.

folgt in der verschiedensten
mit derjenigen der Buhnen
ntlich Gebirgsbächen ange-



cher*), bestehend aus
durch Holme zusam-
rebt werden (Fig. 67).
doppelte Steckenfächer
raum und die Vorlage
den Faschinen wendet
hten an. Diese letzteren
werke. Bei grösseren
aus Stein in ähnlicher
hergestellt. Nach der



faschinen sich stützende
r Höhe des kleinsten

eser von Freiherrn von
ebirgsflüssen, dem Lech,
einigen schweizerischen
stellung neuer und zur
pe, dass das Material zur
fähigkeit die Eigenschaft
n Veränderungen des
schmiegen, also bei
chender Weise nach-
verschotterter Sohle eine
rch eine derartige Ver-

mentlich in Oberösterreich
ern zur Wasserbaukunde
len obenstehenden Abbil-

er Wasserbau an Gebirgs-

engung des Profiles bewirkt werden, dass in Folge der erhöhten Geschwindigkeit eine Weiterführung der Sinkstoffe, also Vertiefung der Sohle, stattfindet. Dieser Anforderung müssen die Correctionsbauten angepasst werden, wenn sie ihre Aufgabe dauernd erfüllen sollen.

Der für die Regulirung von Gebirgsflüssen vorzüglich geeignete Sinkuferbau ist in einfachster Ausführung in Fig. 69 dargestellt, wobei in vollen Linien die erste Anlage, in punktirten die Situation nach erfolgter Vertiefung des Uferfusses bezw. der Sohle angegeben ist. Die in Verwendung kommenden Sinkwalzen unterscheiden sich von den Senkfaschinen durch ihre sehr beträchtliche Länge, welche in einzelnen Fällen bis 200 m betrug. Der Durchmesser ist 0,9 bis 1 m; die Füllung besteht aus Schotter und in Ermanglung geeigneten Schottermaterials aus Bruchsteinen. Als Umhüllungsmaterial und für eine Schicht in der Mitte dienen Faschinen, am besten aus Tannenzweigen; das Binden erfolgt mittelst sehr weichen Eisendrahtes in Entfernungen von 0,30 bis 0,45 m. Die Herstellung dieser Sinkwalze geschieht auf einem unmittelbar am Ufer oder neben dem zu erstellenden Streichwerke aufgestellten, in der Skizze angedeuteten Gerüst, welches in dem Masse, wie die Arbeit vorschreitet, weiter gerückt wird.

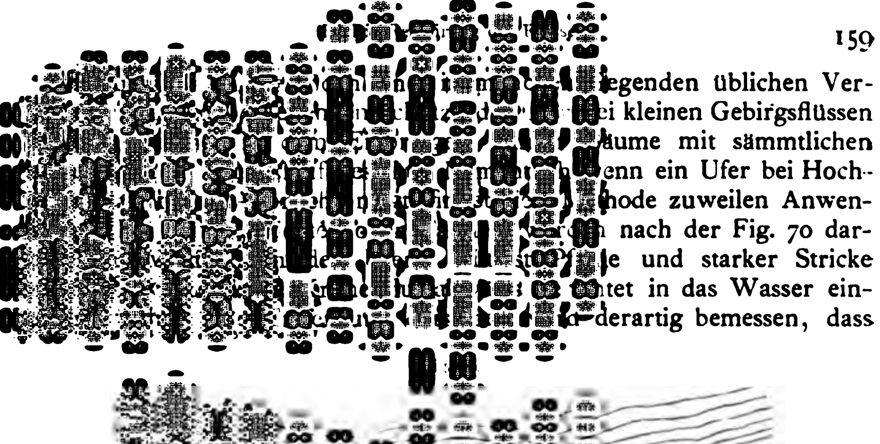
Es wird zunächst in der beabsichtigten Uferlinie eine Rinne ausgehoben, in welcher zwei Sinkwalzen neben einander und die dritte darüber gelagert werden. Sobald sich das eingeengte Flussbett vertieft, erfolgt ein Nachsinken der Walzen, welche sich in der Weise lagern, wie dies in Fig. 69 in punktirten Linien dargestellt ist. Zwischen den Fugen werden zur besseren Abdichtung Steine eingeworfen. In der Regel genügen drei Walzen; nur ausnahmsweise kommt noch eine vierte in Verwendung.

Zunächst wird die erste Walze in einer Länge von etwa 60 m hergestellt und in den Fluss gerollt. Alsdann folgen sucessive die Anfertigung der zweiten und dritten Walze auf demselben Gerüst und zwar stets nach dem Abrollen der vorangehenden Walze.

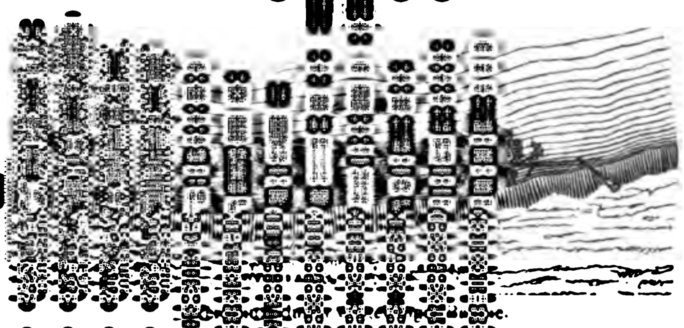
Bei richtiger Anordnung gewähren die Sinkwalzen den Senkfaschinen gegenüber den Vorzug, dass sie von der Strömung nicht angegriffen werden. Wo eine Auskolkung zu befürchten ist, legt man unter denselben eine Faschinenbettung an.

Der Sinkuferbau hat nach erfolgter Herstellung des normalen Profiles seine Aufgabe erfüllt, worauf es in der Regel nothwendig wird, die Consolidirung mittelst eines Steinwurfes vorzunehmen, welcher die Sinkwalzen vollständig decken muss*).

*) Eine ausführliche, kritische Darstellung des Gumppenberg'schen Sinkuferbaues enthält das Werk von Theodor Nosek: Ueber Regulirung von Gebirgsflüssen und Anlage von Thalsperren in Baiern und in der Schweiz, Seite 9 u. f.; Brünn 1881.



...egenden üblichen Ver-
...i kleinen Gebirgsflüssen
...äume mit sämmtlichen
...enn ein Ufer bei Hoch-
...hode zuweilen Anwen-
... nach der Fig. 70 dar-
...le und starker Stricke
...tet in das Wasser ein-
... derartig bemessen, dass



...aumes mit dem Stamme
... diese Schutzvorrichtung
... des Hochwassers recht
...edoch nur ein vorüber-
...sige Form der Beästung
...erhöhte Geschwindigkeit
...n Theile nicht stattfindet.
...stärkte Uferangriffe ent-
...ttelwassers die Bäume

...ntheile sowohl für die
... haben und ist in diesem
... Laufes mittelst Anlage
...ngezeigt erscheint.
...stiche nur erforderlich,
... dass hierdurch der Ver-
...n wesentlich erschwert
... der Schiffahrt häufig
...rs in diesen langsamer
...ere oft eine Vermehrung

der für die Schifffahrt nutzbaren Tiefe und der Dauer der Schifffahrtsperiode zur Folge. Auch wird die Bergfahrt in der gekrümmten Strecke wesentlich erleichtert. Ueberdies ist zu berücksichtigen, dass die Herstellung von Durchstichen vielfach nur eine Regulirung der Uferlinien bewirkt, während die Sohle nach wie vor der Serpentinirung unterworfen bleibt. Die Sinkstoffe lagern auf derselben in der Regel in Bänken, welche abwechselnd an dem einen und dem anderen Ufer folgen und in allmähligem Vorrücken begriffen sind. Dieselben bilden somit eine sich stetig verändernde Fahrrinne und es stellt das Längenprofil der Sohle eine wellenförmige Linie dar. Die Streckung ändert an dieser die Schifffahrt oft in erheblichem Masse erschwerenden Verschiebung der Sinkstoffe nichts; nur findet nach Durchführung derselben das Fortrücken der Schwellen zumeist mit grösserer Regelmässigkeit statt als in dem serpentinirenden Flusslaufe.

Im Interesse der Landescultur sind Durchstiche an schiffbaren und nicht schiffbaren Flüssen angezeigt, sobald das an der Serpentine anliegende Gebiet versumpft ist und dieser Uebelstand nur durch Senkung des Wassers im Flusslaufe zweckmässig beseitigt werden kann. Die Verkürzung des Flusslaufes mittelst Durchstiche hat stets eine Vergrösserung des relativen Gefälles, somit eine schnellere Abführung des Wassers, oft auch eine Erosion der Sohle und mithin eine Senkung des Wasserspiegels zur Folge. Der gestreckte Flusslauf giebt aus diesem Grunde dem anliegenden Lande eine bessere Vorfluth, wie umgekehrt die Versumpfung sehr häufig auf die starken Krümmungen zurückgeführt werden kann, welche sich in dem Wasserlaufe allmählig gebildet haben.

Ferner kann mittelst Durchstiche die Ueberschwemmungsgefahr vermindert werden, namentlich, da sich in den Serpentinen leicht Eisstopfungen bilden, welche oberhalb extreme Hochwässer zur Folge haben.

Weitere Vortheile der Geradlegung für das anliegende Land bestehen darin, dass die früher in den stark gekrümmten Flussstrecken sehr kostspieligen Uferdeckungen jetzt weit leichter zu erhalten sind, da die Ufer in dem geraden oder nur sehr schwach gekrümmten Bette in weit geringerem Masse in Abbruch versetzt werden, überdies auch eine geringere Länge besitzen als vor der Herstellung der Durchstiche. Ferner in dem Gewinne an culturfähigem Lande gleich dem Producte aus der Differenz der Längen des alten und neuen Bettes mit der durchschnittlichen Breite desselben. Die Verlandung des alten Bettes und die Umwandlung desselben in Culturboden tritt freilich erst nach einer Reihe von Jahren ein und darf demnach in dem Anschlage der durch die Melioration zu erwartenden Vortheile nicht zu hoch angesetzt werden.

Bei der Projectirung von Durchstichen ist übrigens, wie bereits Seite 130 erwähnt, ganz besonders der Einfluss in Rücksicht zu ziehen, welchen die schnellere Abführung des Wassers auf die unteren Strecken des Flusses ausüben wird. Es ändert sich hierdurch das Regime des Flusses und zwar oft in höchst ungünstiger Weise. Trifft das schneller nach abwärts

geführte Wasser unterhalb auf zu enge Profile, Flusseinbauten, Wehren u. s. w., so können hier die verheerendsten Ueberschwemmungen stattfinden, namentlich wenn jetzt das Hochwasser eines Nebenflusses mit demjenigen des Hauptflusses zusammentrifft, während früher die Hochwässer beider Flüsse in Folge verschiedenartiger klimatischer Verhältnisse im Flussgebiete nach einander eintraten. Die Ausführung von Durchstichen erfordert mithin eine sorgfältige Prüfung der gesammten Flussverhältnisse und namentlich der klimatischen Verhältnisse im Flussgebiete. Man ersieht übrigens hieraus, dass eine von kundiger Seite ausgeführte Flusscorrection mittelst Durchstiche auch ungünstige Verhältnisse erheblich verbessern kann. Wenn z. B die Hochwässer eines Neben- und Hauptflusses bisher gleichzeitig in den unteren Lauf gelangten, so kann die Herstellung von Durchstichen in einem der beiden Flüsse bewirken, dass das Hochwasser desselben schneller in den unteren Lauf gelangt, so dass sich hier das gesammte Hochwasser auf eine längere Zeitperiode vertheilt, mithin weniger hohe Wasserstände bewirkt.

Sehr bedenklich ist dagegen stets die Abkürzung des Laufes bei Flüssen, deren Quellengebiet durchschnittlich wärmer ist als dasjenige des Unterlaufes, wie dies gemeinhin bei denjenigen Flüssen der Fall ist, welche von Süden nach Norden fliessen. Bringt hier ein im Quellengebiete auftretendes Thauwetter grosse Wassermassen zum Abflusse, so treffen diese häufig im Unterlaufe auf eine noch feste Eisdecke, wodurch gewöhnlich schwere Eisstopfungen und extreme Hochwässer entstehen. Hier würde mithin eine beschleunigte Abführung des Wassers mittelst Durchstiche (und in gleicher Weise mittelst Einschränkungswerke) die allerschwersten Schäden zur Folge haben können.

Ferner bleibt bei der Anlage von Durchstichen in geschiebeführenden Flüssen zu berücksichtigen, dass in Folge der vermehrten Stromkraft der unterhalb gelegenen Flussstrecke grosse Massen von Geschieben zugeführt werden, welche hier mannigfache Schäden verursachen können.

Es geht aus diesen Betrachtungen hervor, dass *Durchstiche nur als aussergewöhnliche Mittel und stets nur da in Anwendung zu bringen sind, wo sich der beabsichtigte Zweck durch andere Mittel nicht oder nur höchst unvortheilhaft erreichen lässt.*

Empfehlenswerth ist es, die Durchstiche nicht in gerader Richtung, sondern in einer schwachen Krümmung mit allmähliger Ueberführung an den alten Flusslauf zu traciren. Bei geradem Flusslaufe, namentlich wenn das Wasser viele Sinkstoffe mit sich führt, wird der Stromstrich bald nach dem einen, bald nach dem anderen Ufer abgelenkt, so dass leicht wieder Uferbrüche und Serpentinen entstehen. In erhöhtem Masse ist dies der Fall, sobald das Profil in dem Durchstiche zu weit bemessen war. In einem schwach gekrümmten Laufe nähert sich der Stromstrich und dem entsprechend auch die Stromrinne dem concaven Ufer, während das convexe Ufer keinen nennenswerthen Angriff des Wassers erfährt. Hier

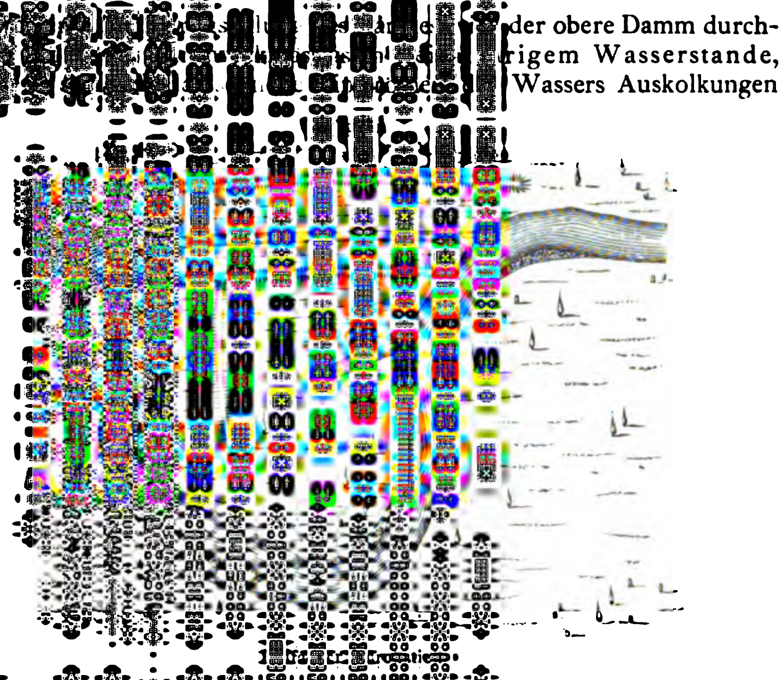
findet zumeist eine Geschiebsablagerung statt. In der Regel wird es nicht erforderlich sein, das convexe Ufer besonders zu sichern; oft genügt eine angemessene Dossirung zur dauernden Erhaltung desselben. Das concave Ufer ist dagegen entsprechend zu sichern; es werden sich jedoch die Kosten und der Erfolg zumeist günstiger stellen, als wenn beide Ufer, wie in der geraden Strecke, durch Deckwerke zu schützen sind. Selbstverständlich darf die Krümmung niemals zu stark sein, weil sonst bei Hochwasser der Angriff gegen das concave Ufer zu heftig ausfällt; bei einigen bayrischen Flüssen wurde der Minimalradius auf 80 bezw. 90 m festgesetzt.

Ein günstiger Erfolg in Hinsicht auf die Verbesserung der Vorfluthverhältnisse tritt übrigens bei der Ausführung von Durchstichen nur in dem Falle ein, dass der neue Flusslauf beträchtlich kürzer ist als der alte; andernfalls würde die Senkung des Wasserspiegels in der Regel nicht in genügender Weise stattfinden.

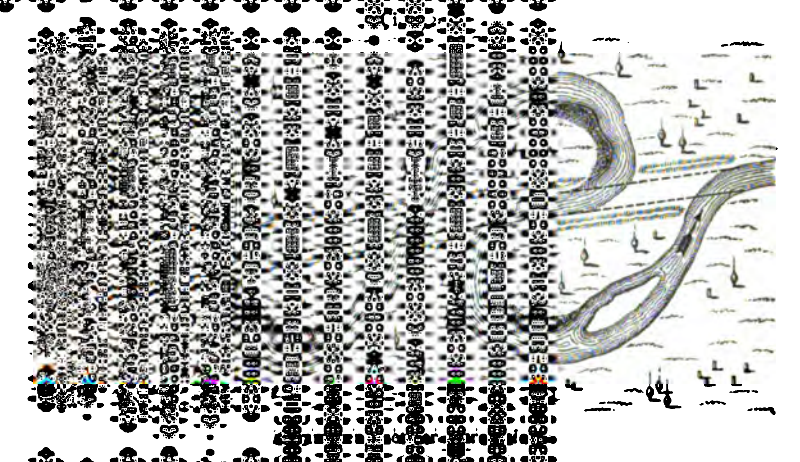
In Betreff der technischen Ausführung der Durchstiche ist zu bemerken, dass man stets bestrebt ist, dieselben zum ungetheilten Flusslaufe oder wenigstens zum Hauptarme auszubilden. Bei kleinen Bächen hebt man das neue Canalbett vollständig aus und sichert die Ufer in angemessener Weise vor Einleitung des Wassers in das neue Bett. Bei grösseren Flüssen würde sich gleichfalls das vollständige Ausheben des Durchstiches empfehlen; jedoch zieht man es aus Ersparnissrücksichten in vielen Fällen vor, die Stromkraft des Wassers auszunutzen, um dem Canale die angemessene Breite zu geben. Da das relative Gefälle in dem verkürzten Laufe geringer ist als in dem alten Bette, so erhält man, wenn der Unterschied beider einigermassen beträchtlich ist, die erforderliche Geschwindigkeit, um eine Ausbildung des neuen Bettes durch die Kraft des fliessenden Wassers zu erzielen. In diesem Falle giebt man bei kleinen Flüssen und Bächen dem Canale $^1/_3$ bis $^1/_2$ der Normalbreite und böscht die Ufer möglichst steil ab, damit das einströmende Wasser den Nachsturz derselben leicht bewirken kann. Bei grösseren Flüssen giebt man dem Durchstiche oft eine viel geringere ursprüngliche Breite, zuweilen nur $^1/_{20}$ der Normalbreite.

Die Ausgrabung beginnt am unteren Ende des zu erstellenden Canales, damit das sich ansammelnde Wasser stets Abfluss erhält; am oberen Anfangspunkte pflegt man den Canal mittelst eines Dammes gegen das Hochwasser zu schützen, weil sonst bei starken Anschwellungen ein Uebertreten des Wassers und eine erhebliche Beschädigung der im Entstehen begriffenen Arbeiten stattfinden könnte. Dieser Damm setzt sich an beiden Ufern des Canales, wenn das Terrain dies als nothwendig erscheinen lässt, fort; es soll hierdurch eine Beschränkung des Flussprofiles erzielt werden, um die Strömung im neuen Flusslaufe zu verstärken. In Fig. 71 sind diese Dämme bei einem einfachen Durchstiche dargestellt. Wird der alte Arm nicht vollständig coupirt, so ist auch am Ufer dieses letzteren ein Damm zum Schutze des von der Krümmung eingeschlossenen Landes anzulegen.

… der obere Damm durch-
… rigem Wasserstande,
… Wassers Auskolkungen



… bilden würden. In der
… Ausbaggerung gänzlich
… neuen Flusslaufe regulirt.



… Fig. 71 und zusammen-
… Flusskrümmungen durch
… gleichzeitig eine grössere

Anzahl von Krümmungen ab, wobei auch ein Theil des alten Flusslaufes wieder verwendet werden kann.

Die vollständige Ausbildung des Profiles in dem neuen Bette muss sehr sorgfältig geleitet werden, falls dasselbe nicht von vorn herein fertig hergestellt und angemessen befestigt ist. Zu diesem Zwecke müssen zu weit gehende Uferabbrüche durch Verwendung des geeigneten Deckmaterials verhütet und muss der Sohle durch Ausgrabung oder Ausbaggerung die bestimmte Tiefe gegeben werden.

Soll der alte Arm vollständig eingehen, so muss derselbe coupirt d. h. abgedämmt werden. Die Coupirungen werden entweder mittelst Steinschüttung oder Senkfaschinen ausgeführt; ihre Höhe wird gewöhnlich so bemessen, dass sie an das Ufer anschliessen, wenn man es nicht vorzieht, dieselben so niedrig anzulegen, dass das Hochwasser durch das verlassene Flussbett abfliessen kann. In jedem Falle müssen sie besonders stark und sehr flach abgeböscht sein, um dem Wasserdrucke widerstehen zu können und bei dem Uebersturze des Hochwassers nicht unterspült zu werden. Um einen vollkommen wasserdichten Abschluss zu erzielen, welchen Faschinenbauten allein nicht gewähren, giebt man hinter denselben zuweilen eine Steinschüttung.

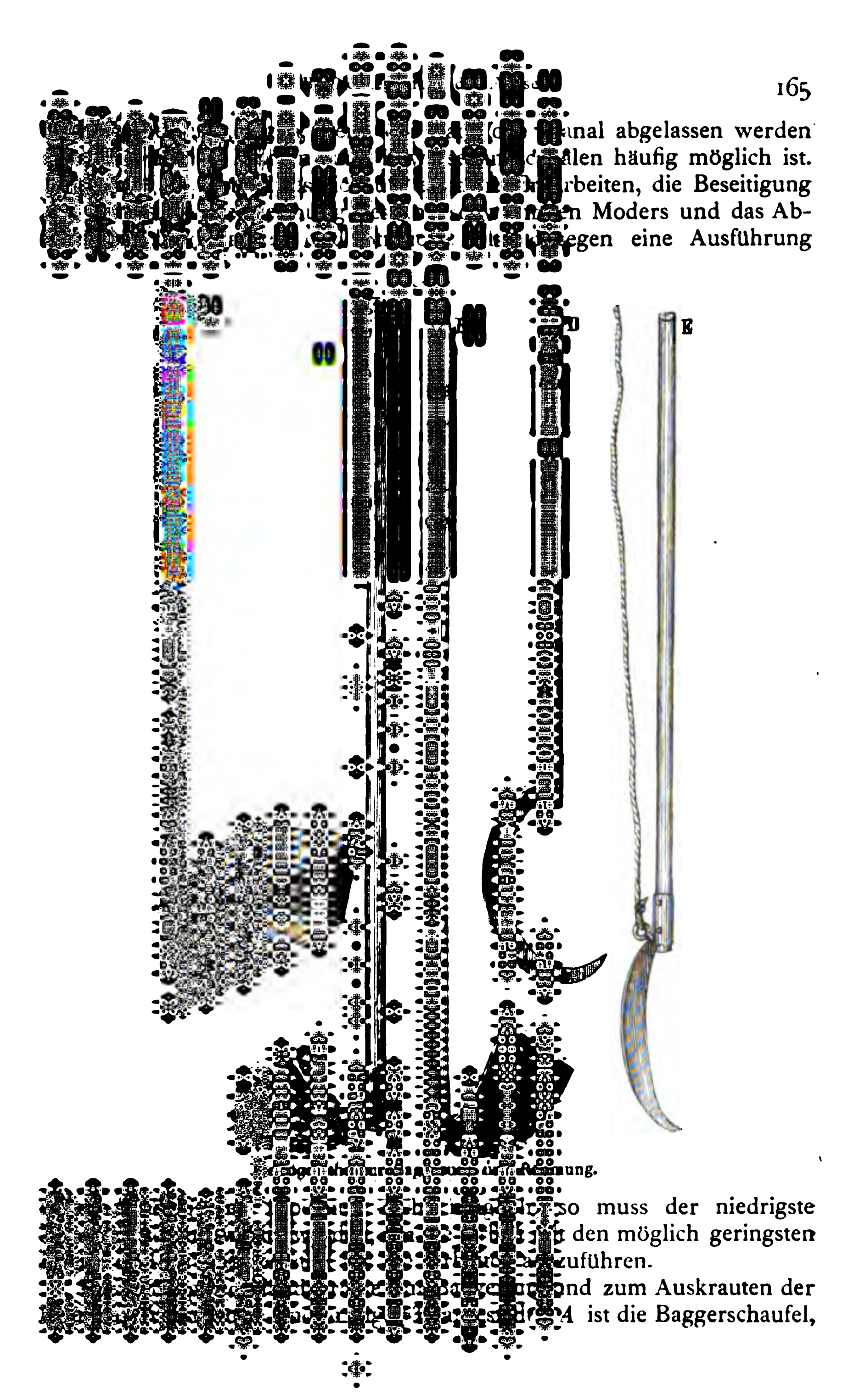
e. Die Räumung und Vertiefung der Wasserläufe.

Da durch das Ablagern von Sinkstoffen sowie durch Krautwucherung auf der Sohle und an den Uferböschungen der Bäche sowie der künstlich erstellten Wasserläufe mannigfacher Schaden, namentlich Versumpfung des anliegenden Terrains erfolgen kann, so müssen die Normalprofile durch Räumungen stetig erhalten werden.

Die Vertiefung der Betten bei schiffbaren Flüssen erfolgt in der Regel zu dem Zwecke, ein hinreichend tiefes Fahrwasser für die Schifffahrt herzustellen und nur in seltenen Fällen zur Beschaffung einer besseren Vorfluth für die angrenzenden Ländereien. Man bedient sich zu diesen Arbeiten der in neuerer Zeit sehr vervollkommneten und durch die Benutzung der Dampfkraft ausserordentlich leistungsfähigen Baggermaschinen*), in Betreff welcher auf die unten angeführten Quellen verwiesen werden muss. Hier beschäftigen uns nur die Räumungsarbeiten zum Zwecke der Erhaltung eines normalen Profiles bei kleineren, nicht schiffbaren Bächen und Canälen im Interesse der Vorfluth.

Am vollkommensten und mit den geringsten Kosten lässt sich die

*) Am ausführlichsten werden die Baggermaschinen beschrieben in Rühlmann's Allgemeiner Maschinenlehre Band IV, Seite 511; Braunschweig 1875. Eine übersichtliche Zusammenstellung der verschiedenen Baggermaschinen und Geräthe giebt ferner der Artikel „Bagger" in dem technischen Wörterbuche von Karmarsch und Heeren, dritte Auflage, bearbeitet von Kick und Gintl, Band I, Seite 273; Prag 1874.



…anal abgelassen werden
…älen häufig möglich ist.
…rbeiten, die Beseitigung
…n Moders und das Ab-
…egen eine Ausführung

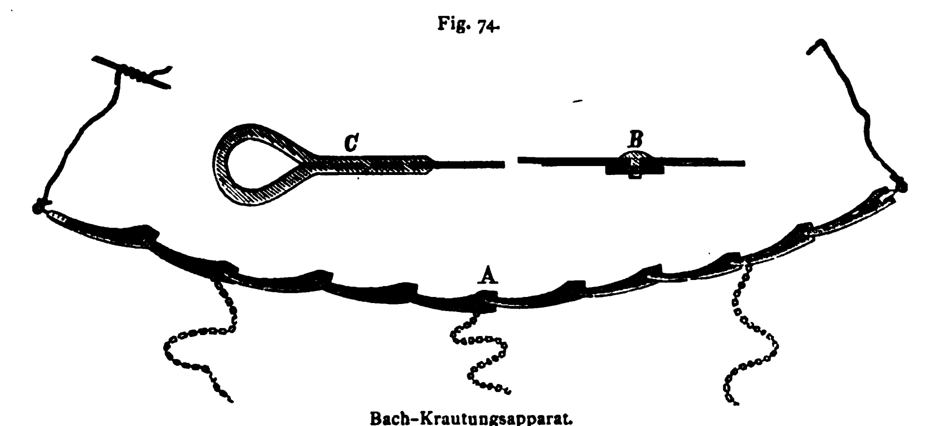
…ung.

…so muss der niedrigste
…den möglich geringsten
…zuführen.
…nd zum Auskrauten der
…A ist die Baggerschaufel,

auf der unteren Bodenfläche oft siebartig durchlöchert, um das Wasser leicht abfliessen zu lassen. Die Hacke *B* dient zum Lockern des zu beseitigenden Materials und Zusammenführen desselben zu der Schaufel. Mit Hilfe der Hacke *C*, welche mit fünf gekrümmten stählernen Zinken armirt ist, werden härtere Körper gelockert und zerkleinert. *D* und *E* sind Sicheln, um Kraut, Zweige u. s. w. unter und über Wasser zu durchschneiden. Letztere ist mit einem Seile versehen, durch welches die schneidende Bewegung ausgeführt wird.

Ist der Wasserstand ein so hoher, dass die Arbeiter nicht in dem Wasser stehen können, um die Reinigung zu bewerkstelligen, so wird dieselbe entweder von den Ufern aus oder bei angemessenen breiten Wasserläufen mit Hilfe eines Kahnes ausgeführt. In letzterem Falle erfolgt das Heben der gefüllten Schaufel am vortheilhaftesten durch ein Seil, welches in ähnlicher Weise wie bei *E* (Fig. 71) befestigt ist und

Fig. 74.



Bach-Krautungsapparat.

über eine an dem Kahne angebrachte Rolle geführt wird. Der erste Arbeiter drückt alsdann das Instrument mittelst des Stieles nur in seine Lage, während der zweite die Bewegung erzeugt. Man kann annehmen, dass zwei Arbeiter in lockerem Boden zur Aufbaggerung von 1 cbm 4 bis 5 Stunden, in festem Boden 6 bis 8 Stunden gebrauchen.

In Frankreich*) bedient man sich bei Bachkrautungen mit gutem Erfolge einer Anzahl zusammengesetzter Sensenblätter, Fig. 74. Die Breite des Instrumentes entspricht derjenigen des zu reinigenden Wasserlaufes; bei der Arbeit nehmen die durch Bolzen beweglich verbundenen Sensenblätter eine gekrümmte Stellung an, so dass die wirkliche Breite etwas grösser sein muss als die Sohle des Baches. Die Verbindungsbolzen gestatten eine vollständige Beweglichkeit; sie können leicht entfernt werden, um einzelne Sensenblätter zu ersetzen oder ganz herauszunehmen. Um

*) Nach Angaben in dem Werke: Cours d'agriculture et d'hydraulique agricole par Nadault de Buffon, Tome II, Partie I, Seite 130; Paris 1855.

die Sensenblätter auf der Sohle zu erhalten, werden zwei bis drei kurze eiserne Ketten von 1 bis 1,30 m Länge an denselben befestigt, wodurch die Arbeit sehr erleichtert wird, da die Ketten eine Drehung der einzelnen Sensenblätter verhindern. An den beiden Enden ist je ein Ring zur Aufnahme eines Seiles befestigt. *A* zeigt den zusammengestellten Apparat, *B* die Bolzenverbindung zweier Sensenblätter und *C* das Endstück.

Der Arbeitsmodus des stets stromaufwärts gezogenen Instrumentes ist folgender: Auf jeder Seite des Wasserlaufes geht ein Arbeiter, welcher das Seil abwechselnd mit dem am gegenüberliegenden Ufer gehenden Arbeiter anzieht, so dass die Bewegung der Sensen eine ruckweise ist. Das abgeschnittene Kraut steigt sogleich nach Ingangsetzung des Instrumentes an die Oberfläche und wird mittelst Rechen an das Ufer gezogen. In Folge seiner grossen Gelenkigkeit kann das Instrument auch zum Schneiden der Pflanzen an den Böschungen benutzt werden.

Nach den Angaben Nadault de Buffon's ist die Leistungsfähigkeit des Apparates eine sehr beträchtliche; bei einem grossen Canale von 20 m benetztem Umfange stellen sich die Kosten der Auskrautung nicht über 0,24 Francs pro laufendes Meter, trotzdem vier Arbeiter zum Handhaben des Instrumentes und zwei zum Zusammenbringen und Beseitigen des geschnittenen Krautes erforderlich sind. Bei kleinen Entwässerungs- und Bewässerungsgräben von 4 bis 5 m mittlerer Breite, wo man nur drei Arbeiter im Ganzen gebraucht, stellen sich die Kosten pro laufendes Meter auf 0,06 bis 0,08 Francs, einschliesslich der Beseitigung des Krautes.

Nach Angaben von Hagen sollen mit diesem Instrumente täglich nahezu 1 Meile (7500 m) des Flusslaufes gekrautet werden können, wenn für Ablösung der Mannschaft gesorgt wird.

Die Beseitigung anderweitiger Hindernisse aus Bächen und Canälen wie Holzscheite, grösserer Geschiebe oder Steinblöcke, bietet keine zu erheblichen Schwierigkeiten dar. Erstere finden sich oft massenhaft in solchen Bachbetten versunken vor, welche zur Holzflösserei benutzt werden. Sie können leicht einen schädlichen Stau verursachen und müssen desshalb entfernt werden. Es geschieht dies beim niedrigsten Wasser, vorausgesetzt, dass man den Wasserlauf nicht gänzlich absperren kann. Die Herausnahme erfolgt mittelst eiserner Haken an entsprechend langen Stielen, mit denen zunächst eine Auflockerung der häufig vollständig versandeten Massen stattfinden muss.

Die Verpflichtung zur Räumung der kleineren, nicht schiffbaren Wasserläufe liegt bei Canälen den Eigenthümern, bei Bächen in der Regel in erster Linie den Besitzern der durch die Versäumniss geschädigten Grundstücke ob. Da jedoch der Schaden bei vernachlässigter Räumung fast immer weitere Grundstücke trifft, so besteht eine von der

politischen Behörde auszuübende Controlle, betreffend die Erhaltung der angemessenen Vorfluth der Bäche und Flüsse, welche durch technische Sachverständige oder Schaucommissionen ausgeübt wird.*) Bei ausgedehnten, seit längerer Zeit vernachlässigten Wasserläufen, bei denen im Interesse der Beförderung der Vorfluth eine gründliche Räumung nothwendig wird, ist es erforderlich, dieselbe durch ein Nivellement und einen Kostenüberschlag vorbereiten zu lassen.

*) Sehr ausführlich handelt über die Verpflichtung zur Räumung der Wasserläufe in den verschiedenen Ländern das Werk: Das österreichische Wasserrecht von Karl Peyrer, Seite 368 u. f.; Wien 1880.

C.

DIE VERHÜTUNG VON ÜBERSCHWEMMUNGEN.

Die Mittel zur Verhütung von Ueberschwemmungen können in mehrere Gruppen eingetheilt werden. Die erste Gruppe umfasst diejenigen Massregeln, welche darauf abzielen, das Eintreffen des Hochwassers in den Flussschlauch zu verzögern, dasselbe also auf eine längere Periode zu vertheilen, so dass die höchsten Wasserstände eine geringere Höhe erreichen als vorher. Es handelt sich demnach bei Anwendung dieser Massregeln um eine günstigere Gestaltung des Flussregimes, soweit überhaupt eine solche Aenderung möglich ist. Die zweite Gruppe begreift diejenigen Massregeln, welche ein schnelles Ableiten des in den Fluss eingetretenen Wassers anstreben, also Herstellung eines zweckmässigen Profiles und Beseitigung von Hindernissen aller Art, welche den Abfluss aus dem Flussschlauche verzögern. Diese Massregeln wurden bereits im letzten Abschnitte erörtert. Eine dritte Gruppe umfasst endlich diejenigen Anlagen, welche zum unmittelbaren Schutze des Terrains gegen Ueberfluthungen dienen, d. h. wallartige Dämme oder Deiche, deren Krone das höchste vorkommende Hochwasser überragen muss.

So viel wie möglich muss angestrebt werden, die Verhütung von Hochwasserschäden durch das erstere Mittel, durch eine zweckmässige Aenderung des Flussregimes, zu erwirken, wenn auch anerkannt werden muss, dass bei ungünstigen meteorologischen Verhältnissen (vergl. Seite 33), namentlich starken Niederschlägen oder dem rapiden Schmelzen des Schnees in den Hochgebirgen in Folge Auftretens warmer Winde und warmen Regens, selbst die ausgedehntesten einschlagenden Massregeln ihre Aufgabe nicht oder wenigstens nicht mit absoluter Sicherheit erfüllen werden. Demnach bleibt in sehr vielen Fällen nichts übrig, als zu dem zweiten Mittel, der Regulirung und dem dritten, der Eindämmung, zu greifen, welches letztere jedoch, wie in der Folge

dargelegt werden soll, mancherlei und zuweilen recht schwerwiegende Missstände zur Folge hat.

In dem Nachfolgenden sollen die, sehr häufig vereint zur Anwendung kommenden Methoden der Verhütung von Hochwasserschäden besprochen werden, wobei jedoch in Hinsicht auf die Aenderung des Flussregimes nur die verschiedenen einschlagenden Mittel aufgeführt werden können, da der Gegenstand bereits theilweise in dem vorangegangenen Abschnitte behandelt wurde.

a. Aenderung des Flussregimes.

Die wichtigsten Mittel zur derartigen Aenderung des Flussregimes, dass das im Flussgebiete auffallende Wasser nur allmählig in den Recipienten gelangen kann sowie in Folge des längeren Verweilens in verstärktem Masse durch Verdunstung entfernt wird, sind folgende:

1) Bewaldung kahler Flächen des Flussgebietes, namentlich der Hängflächen im Quellengebiete bezw. Berasung vegetationsloser Flächen. Bereits Seite 39 ist auf die retentive Wirkung der Wald- und Rasenflächen auf die Niederschläge, vor Allem im Quellengebiete, in welchem die Wildbäche entstehen, hingewiesen werden. Die günstige Wirkung des Waldes auf den allmähligen und unschädlichen Abfluss grosser Wassermengen ist jedoch nicht nur von dem Flächenausmasse des Waldes, sondern auch von der inneren Beschaffenheit desselben und seiner Bodendecke abhängig. Der Einfluss ist ein wesentlich verschiedener bei Laub- oder Nadelwald, bei noch dichten, vollbestockten Holzbeständen oder dem Vorwalten überalter und lichter Bestände, bei pünktlicher Wiederbewaldung oder mächtiger Ausdehnung noch unaufgeforsteter Abtriebsflächen, bei dem Fernbleiben oder bedeutender Ausdehnung des Streurechens, bei der sorgfältigen Schonung der Baumbeastung oder der leider in ausgedehntestem Masse üblichen Aststreugewinnung in den Nadelholzwaldungen an den Hängen der Hochgebirgsthäler. Namentlich im Sammelgebiete der Wildbäche muss der Wald stets in guter Bestockung erhalten werden; die Nutzung hat sich auf vorsichtige Plenterung (Femelbetrieb) zu beschränken oder es muss da, wo der Kahlhieb zulässig erscheint, die Wiederaufforstung sofort eingeleitet werden. Ferner ist die Verwundung des Bodens durch Weidegang und Streunutzung zu verhindern. Auch bei den Anlagen für die Bringung des Holzes muss Alles vermieden werden, was ein schnelles Abfliessen des Wassers erleichtern könnte, namentlich bei der Anwendung von Erdriesen und der Wasserläufe zur Trift. In den oberen Sammelgebieten sollte die Bewaldung, wenn irgend möglich, stets bis zur natürlichen Grenze der Holzgewächse hinaufgerückt werden. Weiter erscheint es angezeigt, dass in denjenigen Gebieten, deren Gewässer den Charakter der Wildbäche angenommen haben, oder welche in Folge der geotektonischen und Terrainverhältnisse dies befürchten lassen, die Zone, deren Bewaldungszustand hierauf Einfluss üben

kann, als Schutzzone, dass also die in derselben befindlichen Wälder als Schutz- oder Bannwälder erklärt werden. Diese Wälder wären demnach mit dem Verbote des Kahlschlages ohne behördliche Bewilligung sowie der Streu- und Weidebenutzung zu belegen.*)

Im Zusammenhange mit den Massregeln zur Bewaldung sowie zur angemessenen Erhaltung des Waldes sind auch die Verbauungen der Wildbäche (Seite 134) für die Mässigung der Hochwasserfluthen von eingreifenster Bedeutung.

Uebrigens ist zu berücksichtigen, dass in vielen Fällen, namentlich im Gebiete des Mittel- und Unterlaufes der Flüsse und Ströme, der mögliche Zuwachs an Wald nur ein verhältnissmässig geringer sein kann, da die Aufforstung aus allgemeinen ökonomischen Gründen nicht überall durchführbar ist. Alsdann vermindert sich selbstverständlich in entsprechendem Masse die retentive Wirkung.

Es möge dies an einem concreten Beispiel näher erläutert werden. In einer im Jahre 1883 veröffentlichen Denkschrift des Baurathes Nosek in Brünn betitelt: Die Marchflussregulirung und der Donau-Oder-Canal werden sehr eingehende Betrachtungen über die Wirkung der Aufforstung auf das Flussregime der March angestellt. Der Verfasser geht von der Voraussetzung aus, dass im Gebirgsdistricte des Marchgebietes durch neue Aufforstungen ein Zuwachs an Wald von 35000 ha möglich ist und untersucht den Einfluss, welchen dieser Zuwachs auf das Regime der March auszuüben im Stande ist. Aus den von Ebermayer in München angestellten Beobachtungen gelangt derselbe zu dem Ergebnisse, dass von dem Waldboden etwa der fünfte Theil derjenigen Regenmenge abfliesst, welche von den unbewaldeten Berglehnen zum Abflusse kommt. Auf die in Betracht gezogene Fläche von 4800 Quadratkilometer würde bei einem starken Landregen von 4 mm Niederschlagshöhe per Stunde und einer durchschnittlichen Abflussquote von 25% eine Hochfluthwelle von 1333 cbm per Secunde erzeugt werden. Die noch unbewaldete Fläche von 35000 ha würde an diesem Abflusse, vorausgesetzt, dass dieselbe in ziemlich steilen und kahlen Berglehnen liege, so dass die Aufforstung die grösste Wirkung auf die Verminderung der Hochwassermasse üben kann, wobei nach Ebermayer die Abflussquote vor der Aufforstung mit 45% angenommen werden kann, mit

$$\frac{350\,000\,000 \times 0{,}004 \times 0{,}45}{3600} = 175 \text{ cbm.}$$

participiren. Nach der Aufforstung würde diese letztere Abflussquote fünfmal kleiner sein, also nur 35 cbm betragen; es würde sich demnach die Hochfluthwelle um 140 cbm vermindern, mithin anstatt 1333 cbm 1193 cbm betragen. Hieraus wird ersichtlich, dass in dem vorliegenden Falle, das heisst bei einem Hochwasser, welches aus einem starken Landregen erzeugt wird, die gedachte Aufforstung nur eine Verminderung der Abflussmenge um circa 10% zur Folge hat, welche weitaus nicht hinreicht, um das Regime des Flusses in vor-

---

*) Vergl. Stenographisches Protokoll der über Anregung des Reichs-Forstvereins am 10. August 1883 in Villach zusammengetretenen freien Versammlung von Forstwirthen der Alpenländer; Klagenfurt 1883.

theilhafter Weise zu ändern. Der Haupterfolg der Aufforstung würde freilich in dem Schutze der steilen Lehnen gegen Abrutschungen und Abschwemmungen zu suchen sein und eine wirksame Entlastung des Flusses von den auf den Abfluss des Wassers so überaus störend wirkenden Geschiebsmassen ermöglichen.

Es ist ersichtlich, dass in vorliegendem Beispiele der verhältnissmässig unbedeutende zu erwartende Erfolge aus dem relativ geringen Zuwachse an Wald herrührt und dass in sehr vielen Fällen die Retention der Hochwasserfluthen sich günstiger gestalten wird als im Marchgebiete. Jedenfalls zeigt aber diese Darlegung, dass stets eine gründliche Untersuchung der einschlagenden Verhältnisse vorausgehen muss, um die Wirkung der Aufforstung festzustellen, damit nicht mit Hilfe jahrzehntelang fortgesetzter Arbeiten ein Ziel angestrebt werde, welches häufig durch dieses Mittel allein niemals erreicht werden kann.

2) Aufspeicherung des Wassers durch Reservoire (Sammelweiher). Vielfach ist der Vorschlag gemacht worden, die Verminderung der Hochfluthen durch Anlage von Reservoiren im Quellengebiete zu bewirken. In Flussthälern mit steil ansteigenden Seitenwänden sollten durch Anlagen von Sperrmauern, ähnlich den Thalsperren, Sammelteiche geschaffen werden, welche das Hochwasser derartig zurückzuhalten im Stande sind, dass dasselbe auf eine längere Abflussperiode vertheilt wird.

Zunächst ist zu berücksichtigen, dass sich die Anlage von Reservoiren für diesen Zweck, sobald es sich um die Verbesserung des Regimes grösserer Flüsse handelt, aus dem Grunde verbietet, weil der Fassungsraum derselben ein ungeheurer werden müsste.

Soll z. B. durch Anlage von Reservoiren ein 3 Tage anhaltendes Hochwasser eines grösseren Stromes von 4000 cbm per Secunde auf 3000 cbm reducirt werden, so müsste der Fassungsraum derselben

$$3 \times 24 \times 3600 \times 1000 = 259{,}2 \text{ Millionen cbm}$$

betragen. Wenn in Betracht gezogen wird, dass das grösste in Europa befindliche Reservoir, dasjenige zu Settons an der Yonne, nur einen Fassungsraum von 24 Millionen cbm besitzt, das nächstgrösste zu Verviers 12, das folgende zu Panthier 8 Millionen cbm, dass diese bereits als hydrotechnische Wunderwerke hingestellt werden und die Erbauung jedes derselben Millionen gekostet hat, so kann wohl an eine radicale Besserung des Stromregimes grösserer Flüsse ausschliesslich durch Reservoire zur Aufspeicherung des Wassers bei Hochfluthen nicht gedacht werden.

Die Kosten der Erbauung dieser Sammelbehälter sind selbst für kleinere Anlagen zumeist derartig hoch, dass sie in keinem Verhältnisse zu dem zu erwartenden Nutzen stehen und dass sich demnach ihre Herstellung, falls sie ausschliesslich zur Minderung der Hochwässer dienen, von selbst verbietet.

Anmerkung I. Nach einer sehr werthvollen Zusammenstellung in der „Denkschrift über die Verminderung der Hochwasser-Verheerungen im Flussgebiet der Steinlach durch Anlagen von Sammelweihern"; Stuttgart 1883 ergeben sich die Kosten der Reservoire um so kleiner, je grösser

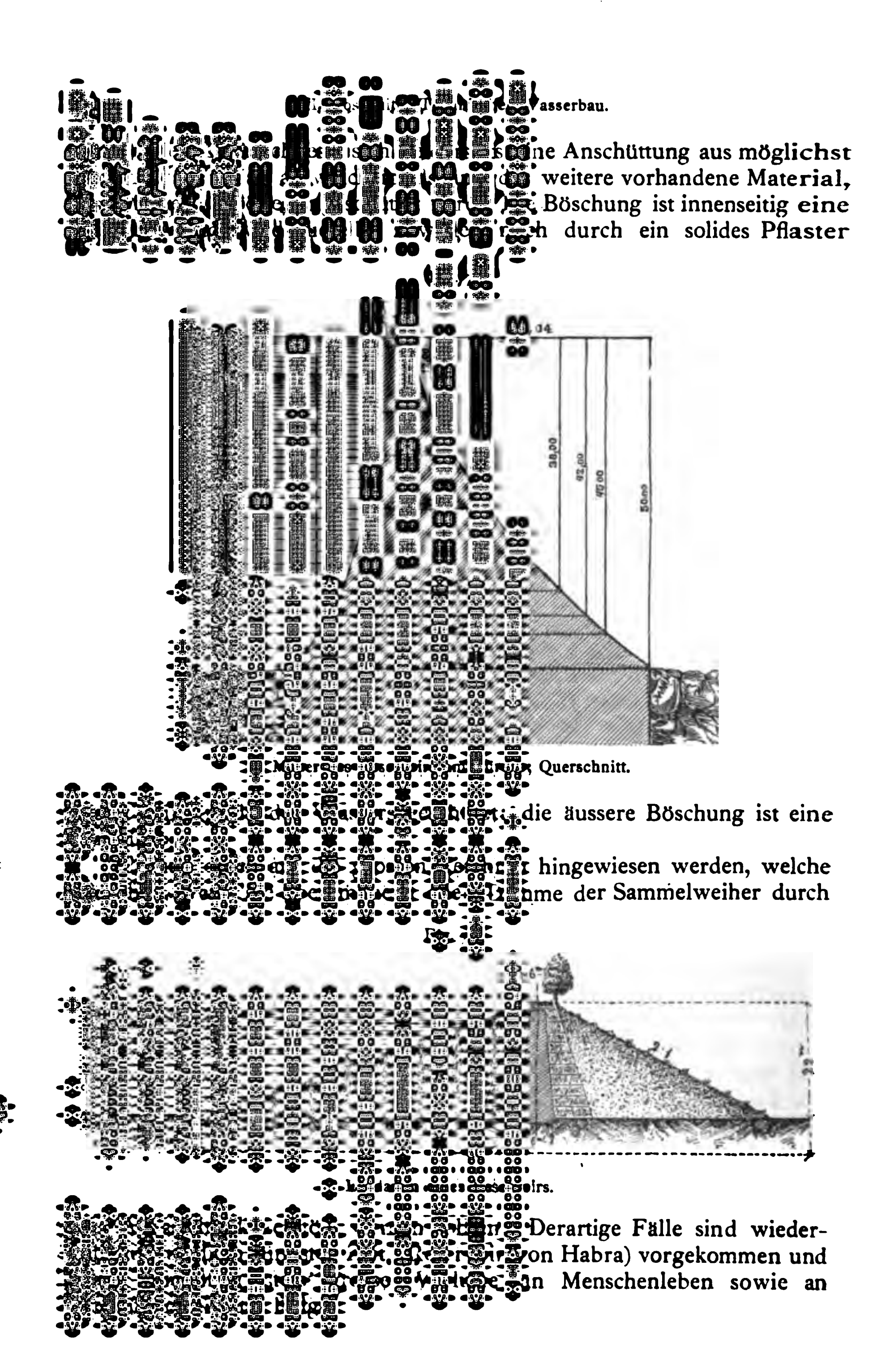
ihr Fassungsraum ist; sie variiren bei aufzuspeichernden Wassermassen von 1,6 bis 24 Millionen cbm zwischen 4,4 und 92 Pf. pro Cubikmeter Fassungsraum. Im Mittel wird man 50 Pf pro Cubikmeter Wasserzurückhaltung rechnen können, wenn die Sperren aus Mauerwerk bestehen.

Anmerkung II. Fast sämmtliche bisher erbauten Reservoire dienen in erster Linie anderen Zwecken, als die Hochfluthen nur allmählig an den unteren Flusslauf abzugeben, welche letztere Aufgabe zumeist als eine secundäre betrachtet wurde. Sie dienen zur Speisung der oberen Haltungen von Schifffahrtscanälen, zur nachhaltigen Versorgung von Triebwerken mit dem erforderlichen Wasser, zur Bewässerung, in einzelnen Fällen auch zur Versorgung von Städten mit Nutzwasser. Ueberdies wollte man auch in einzelnen Fällen durch Reservoire eine nachhaltige Speisung der Flüsse bei Kleinwasser erzielen, was aber nur bei kleineren Wasserläufen möglich ist, da bei grösseren für diesen Zweck weit mehr Wasser erforderlich wäre, als die Reservoire aufzunehmen im Stande sind. Dagegen haben sich dieselben für die Aufspeicherung des Wassers zum Zwecke der Speisung von Schifffahrtscanälen, für Bewässerungen, namentlich in südlichen Ländern, ferner für die städtische Wasserversorgung vielfach sehr gut bewährt. Nur vertragen sich diese Aufgaben nicht immer mit der hier in Rede stehenden, das ist die Ermässigung der Hochfluthen bei ausserordentlich starken Niederschlägen oder beim Schmelzen des Schnees im Frühjahre. Die ersteren Aufgaben verlangen stets oder fast in allen Zeiten gefüllte Reservoire, während die Minderung der Hochfluthen leere oder nur zum Theil gefüllte erfordert. Nur die Aufgabe, das Wasser für Bewässerungszwecke anzusammeln, liesse sich mit der letzteren einigermassen vereinigen und könnten thatsächlich die Reservoire unter gewissen Umständen beiden Zwecken dienstbar gemacht werden. Dies wäre der Fall, wenn die Anlagen in Folge günstiger localer Verhältnisse nicht zu kostspielig ausfallen, die durch eine Querwand gebildeten Reservoire einen beträchtlichen Fassungsraum erhalten und die Hochwässer durch plötzliche, nicht lang andauernde, wolkenbruchartige Niederschläge entstehen. Uebrigens ist auch mit Rücksicht auf die einzuleitenden Bewässerungsanlagen in Betracht zu ziehen, dass diese nicht zu entfernt von den Reservoiren gelegen sein dürfen und dass überhaupt die wirthschaftlichen Verhältnisse auf die Einführung der Bewässerung in dem betreffenden Districte hinweisen müssen.

Die Sperren werden entweder aus Mauerwerk oder als Erddämme ausgeführt. Fig. 75 giebt einen Durchschnitt der Sperrmauer des Reservoirs in dem *gouffre d'enfers* des Furens, eines Nebenflusses der oberen Loire. Dasselbe dient zur Aufspeicherung des Wassers für den Bedarf der Stadt St. Etienne, ferner für Triebwerke im unteren Laufe des Baches, für beide Zwecke in einer Stauhöhe von 44,5 m, während zum Zurückhalten der Hochfluthen die Stauhöhe um weitere 5,5 m gesteigert werden kann. Der Fassungsraum beträgt bei ersterer Stauung 1 200 000 cbm, für die Hochfluthen 400 000 cbm, zusammen also 1 600 000 cbm.

In Fig. 76 ist der Durchschnitt eines Erddammes für Sammelweiher dargestellt. In der Mitte des Dammes ist ein dichter Kern aus Letten, der Puddelkern, angeordnet, welcher in die Berglehnen eingebunden ist und bis auf eine undurchlassende Bodenschicht hinabzuführen ist. Zuweilen wird auch der untere Theil des Puddelkernes aus Beton hergestellt. An

ne Anschüttung aus möglichst
weitere vorhandene Material,
Böschung ist innenseitig eine
h durch ein solides Pflaster



Querschnitt.

die äussere Böschung ist eine

hingewiesen werden, welche
me der Sammelweiher durch

irs.

Derartige Fälle sind wieder-
von Habra) vorgekommen und
n Menschenleben sowie an

Es geht aus dem Vorstehenden hervor, dass Reservoire zur Mässigung der Hochfluthen wegen ihrer hohen Kosten nur in beschränktestem Masse zur Anwendung kommen können. In der Regel wird ein sorgfältiges Studium über die Angemessenheit derselben für einen bestimmten Fall, selbst bei kleineren Wasserläufen, ein den Reservoiren ungünstiges Resultat liefern, wie dies z. B. in Betreff der Anlage von Sammelweihern im Flussgebiet der Steinlach der Fall war.*)

3) Weitere Mittel zur Aenderung des Flussregimes.

Es bleiben noch einige andere, theils vorgeschlagene, theils bereits zur Ausführung gelangte Mittel zu erörtern, welche gleichwie die bisher besprochenen auf eine günstige Gestaltung des Flussregimes abzielen. Dahin gehören hochwasserfreie, buhnenartige Querdämme, welche an geeigneten Stellen des Flussthales errichtet werden, um eine Verengung des Durchflussprofiles für das Hochwasser herbeizuführen. Dieses staut demnach zurück und breitet sich oberhalb der Verengung aus. Befindet sich hier eine niedrig gelegene, weite Ebene, deren Ueberfluthung keine Nachtheile — vielleicht sogar den Vortheil der Aufschlickung — zur Folge hat, so wird zweifellos ein günstigeres Verhältniss der abfliessenden Mengen in dem unteren Flusslaufe eintreten. Derartige Querdämme bestehen z. B. seit langer Zeit im oberen Loire-Thale bei Pinay und La Roche an besonders günstig gelegenen Stellen, das heisst in einer felsigen und tief eingeschnittenen Thalenge und erweist sich ihre Wirkung als eine recht günstige. Nur wird sich selten in einem Wasserlaufe eine gleich vortheilhaft situirte Baustelle für derartige künstliche Fluthverengung mit oberhalb anschliessenden, entsprechend gelegenen und ohne Schaden überfluthbaren Ebenen befinden.

Ferner sind zu erwähnen die bereits vor langer Zeit mehrfach ausgeführten Horizontalgräben (horizontale Sickergräben) im Quellengebiete, welche erst in neuester Zeit von Hobohm und Breitenlohner**) wiederum warm empfohlen werden. Sie bezwecken ein Zurückhalten des Wassers, Abführen desselben in den Untergrund, bezw. allmählige Abgabe an den Fluss. In gewissen Fällen ist dieses Mittel neben anderen gewiss am Platze; nur dürfte sich die Hoffnung als eine trügerische erweisen, dass dasselbe jemals als ein Radicalmittel zur Mässigung der Hochfluthen in Anwendung gebracht werden könnte, da selbst im günstigsten Falle die Wirkung dieser Gräben keine sehr erhebliche sein kann. Ueberdies hängt die Möglichkeit der Anlage derselben wesentlich von der geognostischen Beschaffenheit des Terrains und von den Besitzverhältnissen in demselben ab. Nur wo ein starkes Einsickern des Wassers

*) Vergl. die bereits angeführte Denkschrift, Seite 46.

**) Hobohm, Grundzüge für die Beseitigung der Ueberschwemmungen mit gleichzeitiger Durchführung der künstlichen Bewässerung nach einem neuen Systeme; Wien 1877.

Breitenlohner, Wie Murbrüche entstehen; Wien 1883.

in den Untergrund zu erwarten steht, könnten derartige Grabennetze von einigem Nutzen sein; bei stark hängigem, zu Rutschungen geneigtem Boden, also z. B. bei Lehmboden, wäre die Anlage derselben jedenfalls bedenklich. Im Uebrigen ist auch zu berücksichtigen, dass die Kosten für die Erwerbung des Terrains, wo diese überhaupt möglich, und für die Herstellung der Gräben sehr erheblich ausfallen würden.

Weitere Vorschläge für die Aenderung des Flussregimes im Interesse der Verhütung von Ueberschwemmungen sind die Schaffung von seitlichen Bassins zur Einleitung der Hochfluthen, in denen das Wasser keinen Schaden anrichten kann. Vorbedingung hierfür ist das Vorhandensein weiter, öder Flächen in angemessen tiefer Lage, welche durch Colmation und Bildung einer fruchtbaren Krume in Culturland verwandelt werden sollen. Nur ist zu berücksichtigen, dass die Verhältnisse selten die Ableitung des Wassers in derartige Seitenbassins gestatten, so dass dieses Mittel ebenfalls nur ausnahmsweise zur Anwendung gebracht werden kann.

Noch geringeren Werth besitzt der wiederholt gemachte Vorschlag, das überschüssige Wasser durch seitlich dem Flusslaufe zu erstellende Entlastungscanäle abzuleiten. Noch in neuester Zeit ist ein derartiger Vorschlag von Hobohm in seiner bereits erwähnten Schrift eingehend entwickelt worden und zwar sollten diese Seitencanäle gleichzeitig die Aufgabe haben, das anliegende Terrain zu bewässern. Die ausserordentlichen Kosten dieser Canäle, sobald dieselben eine derartige Capacität besitzen, dass sie die Hochwasserstände des Flusses thatsächlich in bemerkenswerther Weise vermindern, die Schwierigkeit und Kostspieligkeit der Grundeinlösung machen aber die Ausführung dieses Projectes vollständig unmöglich, so dass eine weitere Besprechung desselben unnöthig erscheint.

b. Die Eindämmung (Eindeichung) der Flüsse.

1. Die Anordnung der Deiche.

Dämme oder Deiche sind Verwallungen, welche längs der Uferlinien der Flüsse aufgeführt werden, um das Flussthal gegen die Fluthen des Hochwassers zu schützen. Sie begrenzen das Hochwasserprofil des Flusses und sollen eine geregelte Ableitung des Wassers innerhalb desselben bewirken. Die Deiche werden in angemessenem Abstande von den Uferlinien des Mittelwassers angelegt, derartig, dass dem Hochwasser ohne zu erhebliche Geschwindigkeit und ohne dass die Stauhöhe eine zu beträchtliche werde, der Abfluss ermöglicht wird.

Bei der Anlage von Deichen ist die Bemessung des Fluthprofiles für das Hochwasser die wichtigste und schwierigste Aufgabe des Hydrotekten. Es muss eine sorgfältige Ermittlung der Wassermenge, welche bei eintretendem Hochwasser in bestimmter Zeit abzuführen ist, vorausgehen,

wonach mit Rücksicht auf dieselbe und auf die zulässige Höhe des Wasserstandes das Flutprofil festzustellen ist. Die Abflussgeschwindigkeit darf etwas höher angenommen werden als in der Uebersicht Seite 55 angegeben, da die Aussenböschungen der Deiche durch Rasenpflanzungen nach Möglichkeit gegen Abbruch gesichert werden können.

Bei Projectirung neuer Deichlinien bezw. Hochwasserprofile ist man niemals in der Lage, das Fluthprofil nach den Gesetzen über die Bewegung des Wassers in Flüssen mit vollkommener Sicherheit zu bestimmen, da mit dem Eintritte des Hochwassers die Gefällsverhältnisse mancherlei Veränderungen erleiden und namentlich bei etwaigem Rückstau eine grössere Anzahl Factoren concurriren, die nur schwer in den Calcül einzubeziehen sind. Oft tritt das Hochwasser in einem Nebenflusse nicht gleichzeitig mit dem des Hauptstromes ein, so dass letzterer einen Theil der Fluthen bereits abgeführt hat, wenn der erstere seinen höchsten Wasserstand erreicht. Aendert sich diese, zumeist durch klimatische Einflüsse bedingte Erscheinung, so werden alle bisherigen Erfahrungen umgestossen und es wird der Wasserstand des Nebenflusses in Folge des Rückstaus ein erheblich höherer werden als früher. In gleicher Weise, aber in noch weit beträchtlicherem Masse, kann durch Eisstopfungen, die namentlich bei verengten Profilen leicht entstehen, ein Rückstau veranlasst werden, dessen Ausdehnung sich jeder Berechnung entzieht. Häufig ist man nicht in der Lage, die Deiche zu derartiger Höhe, Stärke und in solchen Abständen von einander bezw. von dem gegenüberliegenden durch natürliche Lage vor Ueberfluthungen gesicherten Ufer auszuführen, dass ein Uebertreten des Wassers unter allen Umständen vermieden wird. Vielmehr muss man sich oft damit begnügen, die Deiche zur Sicherung gegen die normalen Hochwässer herzustellen, durch zweckentsprechende Tracirung der Deichlinien und sorgfältige Vermeidung aller den Abfluss des Wassers hindernden Bauwerke oder anderweitiger Profilverengungen ein weiteres Ansteigen des Wassers sowie durch eine angemessene Deichvertheidigung ein Uebertreten desselben zu verhüten.

Man unterscheidet Hauptdeiche oder Winterdeiche und Sommerdeiche. Erstere haben die Aufgabe, das in den Deichschutz einbezogene Niederungsgebiet gegen die höchsten bekannten Fluthen zu sichern. Letztere sind schwächer und niedriger; sie sichern nur die Heuernte und das Getreide gegen die Sommerhochwässer. Das beim Schmelzen des Schnees eintretende Hochwasser überfluthet dagegen diese Deiche, so dass hierauf bei der Bemessung der Dossirungen Rücksicht genommen werden muss. Ferner unterscheidet man das Binnenland und das Vorland oder den Aussendeich und versteht unter ersterem das in dem Deichschutze liegende Terrain, während letzteres zwischen dem Flussbette des Mittelwassers und dem Deiche liegt. Dasselbe wird in der Regel als Wiese benutzt und giebt zumeist sehr günstige Erträge, da der mit dem Wasser mitgeführte Schlick sich nur auf dem Vorlande absetzen kann.

Auf diesem dürfen sich keine, den Abfluss des Wassers hindernde

oder Eisstopfungen befördernde Anlagen, wie Baum- oder Strauchgruppen befinden, vorausgesetzt, dass dasselbe nur die unbedingt erforderliche Breite zur Abführung des Hochwassers hat. Wird diese jedoch überschritten, so würden Strauchanlagen am Fusse der Deiche im Vorlande demselben einen guten Schutz gegen Abbruch gewähren.

Unter einem Deichverbande versteht man eine Genossenschaft von Grundbesitzern, deren Ländereien durch einen gemeinschaftlichen Deich gegen Ueberfluthung geschützt werden. Der Deichverband bringt die Kosten zur Erbauung des Deiches sowie zur Entwässerung des Binnenlandes auf, unterhält und vertheidigt vorkommenden Falles den Deich. Zuweilen grenzen mehrere Deichverbände unmittelbar an einander, wobei auch die Deiche, falls kein erhöhtes, wasserfreies Uferterrain dazwischen liegt, sich direct an einander anschliessen. Die eingedeichte Fläche nennt man ein Polder.

Specielle Anordnung der Deiche. Bei Flüssen mit regelmässigen Profilen werden die Deiche parallel den Uferlinien in angemessenen Abständen von denselben geführt. Es giebt jedoch viele Fälle, in denen aus localen Rücksichten die Durchführung dieser Anordnung nicht möglich ist. Dahin gehört der Fall, dass sich Serpentinen im Flusslaufe befinden, welche leicht zu Eisstopfungen Veranlassung geben könnten. Hier erweitert man das Hochwasserprofil am besten, indem man den Deich auf der convexen Seite etwas zurückzieht. Am empfehlenswerthesten ist es im Allgemeinen, falls die Niederungen auf beiden Ufern eingedeicht werden, die beiderseitigen Vorländer gleich breit zu machen. Diese Anordnung lässt sich jedoch nicht immer durchführen, da häufig in Folge von Hindernissen mancherlei Art die Deichlinie nicht beliebig gewählt werden kann. Oft muss ein sumpfiges Terrain umgangen werden, in welchem die Aufführung des Deiches nur mit erheblich vermehrten Kosten durchführbar ist. Zuweilen liegen Dörfer oder einzelne Gebäude, welche in den Deichschutz einzubeziehen sind, ausserhalb der vortheilhaftesten Deichlinie, so dass diese an beiden Ufern verlegt werden muss, um das angemessene Fluthprofil zu erhalten. Sehr häufig sollen ältere Deiche, namentlich Sommerdeiche, welche in früherer Zeit von einzelnen Besitzern aufgeführt wurden, um das dahinter liegende Terrain zu schützen, benutzt werden, wobei es sich alsdann höchstens um die Verlegung einzelner besonders gefährdeter Stellen handeln kann, z. B. scharf einspringender Ecken, welche dem directen Angriffe des Hochwassers und des Eises ausgesetzt sind. Gewöhnlich betrifft die Arbeit in diesem Falle nur die Einbeziehung uneingedeichter Flächen sowie eine Erhöhung der Deiche und angemessenere Profilirung derselben. Es ist dies der Grund, wesshalb selbst nach Abschluss der Meliorationsarbeit zuweilen Profilengen in dem eingedeichten Flusslaufe vorhanden sind, welche häufige Reparaturen und besondere Sicherung gegen Durchbrüche nothwendig machen.

Zuweilen, namentlich bei Flussregulirungen, kommt es vor, dass neue Deiche längs der corrigirten Flusslinien gezogen werden müssen, wodurch

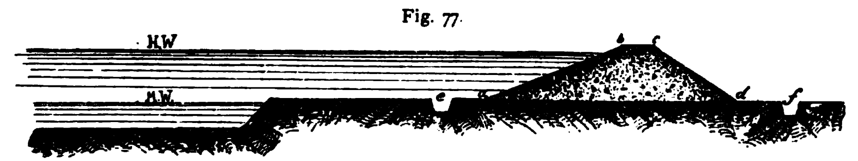
ältere Deiche im Binnenlande zu liegen kommen, welche jetzt überflüssig werden. Häufig sucht man diese sogenannten Schlafdeiche zu erhalten, um bei etwaigem Bruche des Hauptdeiches noch einen Schutz gegen zu grosse Ausdehnung der Ueberschwemmung zu haben.

Die Höhe der Winterdeiche bemisst sich nach dem höchsten bekannten Wasserstande bei offenem, nicht durch Eisstopfungen gestautem Wasser und übersteigt denselben um 0,30 bis 0,60 m.

Deiche, welche ein besonders werthvolles Terrain zu schützen haben, erhalten zuweilen eine noch beträchtlichere Höhe und zwar in einzelnen Fällen bis 1,8 m über das höchste bekannte Hochwasser.

Querprofil der Deiche. Fig. 77 stellt das Querprofil eines Deiches mit dem Aussenlande und dem Flussufer dar. *ab* heisst die Aussenböschung, *cd* die Binnenböschung, *bc* die Krone oder Kappe. Zuweilen werden im Aussenlande und im Binnenlande längs der Deichlinie kleine Gräben *e* und *f* angelegt, um bei den gewöhnlichen Wasserständen das Terrain trocken zu halten. In der Regel erhält die Aussen-

Fig. 77.

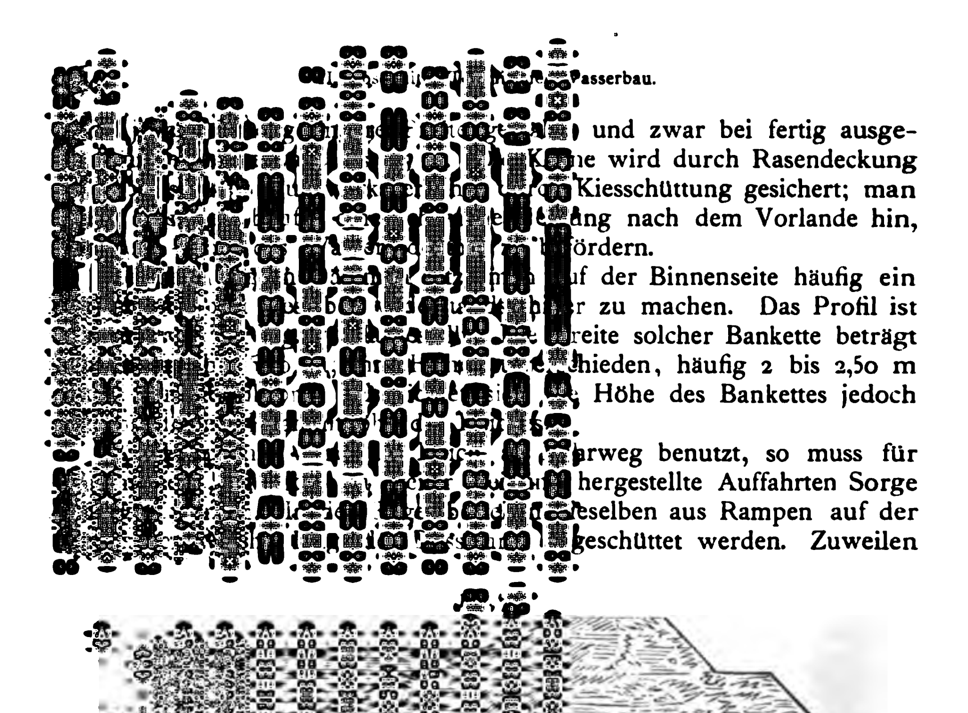


Profil eines eingedeichten Flusses.

böschung eine 3fache, die Binnenböschung eine 2fache Anlage. Bei sehr wichtigen Deichen erhält die Aussenböschung eine noch grössere und zwar 4fache Anlage. Bei Deichen an Gebirgsflüssen, deren Böschungen in der Regel mit Steinen gesichert werden, können diese steiler hergestellt werden. Deiche grösserer Ströme erhalten beiderseits einen Schutzstreifen, die Aussenberme und Binnenberme, welche in den Besitz des Deichverbandes übergehen oder diesem zur servitutmässigen Benutzung überwiesen werden. Die Aussenberme, welche als Wiesenfläche verwendet werden kann, dient zum Schutze des Deichfusses; es ist demnach eine Entnahme von Erde aus derselben nicht zulässig. Die Binnenberme dient namentlich zur steten Erhaltung der Communication, besonders bei der Vertheidigung des Deiches.

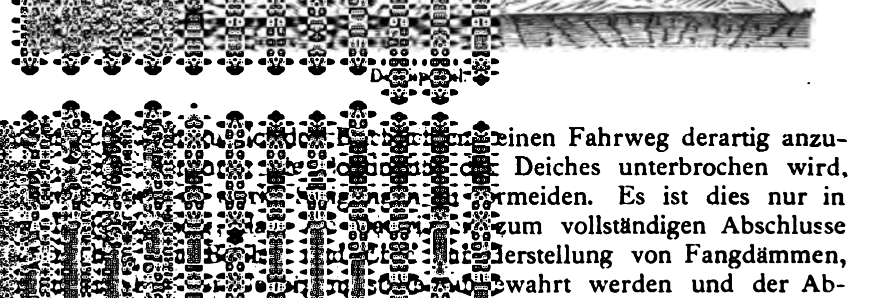
Bei Sommerdeichen steigt das Wasser über die innere Dossirung und bedarf diese desshalb eines besonderen Schutzes gegen Beschädigung, den man durch ausserordentlich flache Abböschung, oft in dem Verhältnisse 1 : 6, zu erreichen sucht.

Die Bemessung der Kronenbreite des Deiches richtet sich zunächst nach dem Wasserdrucke und ferner danach, ob die Krone als Fahrweg benutzt werden soll. In diesem letzteren Falle beträgt die Kronenbreite 3 bis 6 m. In den meisten Fällen, namentlich bei kleineren Flussdeichen,



und zwar bei fertig ausge-
ne wird durch Rasendeckung
Kiesschüttung gesichert; man
ang nach dem Vorlande hin,
ördern.
f der Binnenseite häufig ein
r zu machen. Das Profil ist
reite solcher Bankette beträgt
hieden, häufig 2 bis 2,50 m
Höhe des Bankettes jedoch

arweg benutzt, so muss für
hergestellte Auffahrten Sorge
selben aus Rampen auf der
geschüttet werden. Zuweilen



einen Fahrweg derartig anzu-
Deiches unterbrochen wird,
rmeiden. Es ist dies nur in
zum vollständigen Abschlusse
erstellung von Fangdämmen,
wahrt werden und der Ab-
ser in Aussicht steht.
s welcher der Damm erstellt
barschaft entnommen werden,
lich vertheuern würde. Am
Vorlande zu entnehmen und
0,80 m Tiefe, welche zwischen
wie eine Traverse, frei lassen.
e bei Hochwasser mitgeführten
ngen oft in kurzer Zeit wieder
Vorlande darf jedoch niemals
selbst das Mittelwasser bis an
leicht eine Unterspülung des-
ng seiner Widerstandsfähigkeit

stattfinden würde. Derartige Deiche, welche stetig von der Strömung und dem Wellenschlage angegriffen werden, heissen Schardeiche.

Im Allgemeinen entspricht das gewöhnliche Erdmaterial den Anforderungen, welche in Betreff desselben an den Deich zu stellen sind. Am vorzüglichsten eignet sich ein sandiger Thonboden, welcher nach Entfernung der etwaigen Rasenbekleidung des Bodens und Auflockerung desselben mit dem Pfluge oder Spaten in gleichmässigen, etwa 0.30 m starken Schichten aufgetragen und jedesmal gehörig festgestampft wird. Ist nur wenig Thonboden vorhanden, im Uebrigen aber nur Sand, so wird der Thonboden zweckmässig zur Deckung der äusseren Böschung benutzt, auf welcher alsdann Rasen angelegt wird. Zuweilen hat man auch im Innern des Deiches, wie bei den Erddämmen der Sammelteiche, einen Thonkern aufgeführt und die beiden Seitentheile aus dem lockereren Material gebildet.

Steht ein Theil der Dammerde in humosem Boden zur Verfügung, so wird derselbe zur Beschüttung der Dossirungen benutzt, um eine kräftige Rasenbildung zu befördern. Sobald die beabsichtigte Höhe nahezu erreicht ist, werden die Profile mittelst Lattenschablonen gebildet, welche sorgfältig mit Hilfe eines Nivellements aufgestellt werden. Sind dieselben von der Aufschüttung erreicht und ist die obere Schicht festgestampft, so findet zumeist noch ein Setzen des Dammes statt, welches in nicht zu langer Zeit eine erneute Aufschüttung nothwendig macht. Namentlich bei unsicherem, morastigem Untergrunde muss dieses Auftragen oft in ausgedehntem Masse erfolgen, bis der Deich vollkommen stabil ist. Hierbei gelingt es häufig erst nach einer längeren Reihe von Jahren, das programmmässige Profil herzustellen.

Im Laufe der Zeit müssen die Profile wieder berichtigt werden; die Krone, welche als Fuss- oder Fahrweg benutzt wird, wird abgeweht; die starke Compression und das Zusammentrocknen des Bodens verringern im Laufe der Zeit die Abmessungen derartig, dass oft umfassende Aufschüttungen vorgenommen werden müssen.

Da der Deich auf längeren Strecken den Abfluss des Binnenwassers in den Fluss versperrt, so müssen die Bäche und Canäle, welche zur Ableitung dieses Wassers dienen, durch den Deich hindurchgeführt werden. Die bezüglichen Unterleitungen, welche stets mit einer Sperrvorrichtung versehen sein müssen, um den Rückstau des Hochwassers in das eingedeichte Gebiet zu verhindern, heissen Deichschleusen oder Siele. Von der speciellen Construction derselben wird in dem folgenden Capitel die Rede sein.

2. Die Nachtheile der Eindeichung.

Die Hochwasserdeiche haben eine Anzahl von Uebelständen zur Folge und namentlich muss darauf hingewiesen werden, dass einige derselben sich im Laufe der Zeit vermehren.

Durch die Einschränkung des Profiles erreichen die Hochwasserstände

eine grössere Höhe als vor der Eindeichung, wo sich das Wasser auf ausgedehnten Flächen ausbreiten konnte.

Das im Schutze des Deiches liegende Gebiet ist von den fruchtbaren Ueberschlickungen ausgeschlossen, welche bei uneingedeichtem Lande — unter günstigen Verhältnissen — häufig den Ertrag der Wiesen und Weiden ausserordentlich steigerten. Nach der Herstellung der Dämme finden diese Niederschläge dungreichen Materials nur noch im Aussenlande statt, so dass sich die Erträgnisse dieser Flächen oft günstiger ergeben als diejenigen des geschützten Gebietes.

Durch die Niederschläge bei Hochfluthen erhöht sich aber auch das Aussenland, während das Binnenland dieser Erhebung nicht nachfolgt, ja sich sogar zuweilen, bei weichem Untergrunde, um Einiges senkt. Die Eindeichung ist sonach die Ursache, dass viele Niederungen im Laufe der Jahre eine tiefere Lage erhalten als die gewöhnlichen Wasserstände der Flüsse. Es hat dies wiederum eine Reihe von Nachtheilen zur Folge: Die Anwohner werden zur steten Erhöhung und wegen des vermehrten Wasserdruckes auch zur Verstärkung der Deiche genöthigt, wodurch die den Gemeinden aufgelegten Lasten oft eine ausserordentliche Höhe erreichen, die nicht im Verhältnisse zu den Erträgen steht. Wegen des hohen Wasserstandes im Recipienten, verglichen mit demjenigen der Niederung, wird die Abwässerung der letzteren ausserordentlich erschwert, oft sogar mit den gewöhnlichen Mitteln geradezu unmöglich gemacht. Der beträchtliche Wasserdruck, das oft mangelhafte Material, aus welchem die Deiche errichtet sind, sowie Fehler im Innern derselben bewirken häufig ein Durchsickern des Hochwassers, so dass die Niederung lange Zeit hindurch mit Wasser (Kuverwasser, Drängewasser) bedeckt ist und somit der Versumpfung mit allen ihren schlimmen Folgen anheimfällt. Man ist nunmehr vorwiegend auf das Ausschöpfen des Wassers mittelst Pumpwerke angewiesen, ein Verfahren, welches in ausgedehnten Flussniederungen bereits vielfach angewendet wird, dessen Kosten aber häufig nicht in einem günstigen Verhältnisse zu dem Werthe und dem Reinertrage der Niederung stehen.

Noch ein Umstand ist zu berücksichtigen, der in manchen Fällen gegen die Hochwasserdämme spricht. Die Anlage derselben geschah zumeist im Interesse des Körnerbaus, namentlich der Winterfrucht, welche eine unbedingte Abhaltung des Wassers nothwendig macht. In neuerer Zeit tritt dieser und seine Rentabilität aber immer mehr zurück, während der Futterbau und derjenige von Wurzelfrüchten zumeist vortheilhaftere Erträgnisse liefern. Der Futterbau würde aber durch die Ueberfluthung des Terrains zu gewissen Zeiten, ein rechtzeitiges Zurücktreten des Wassers vorausgesetzt, nicht geschädigt werden, namentlich in den Niederungen, wo die Flüsse keine Geschiebe und Sand, sondern nur den fruchtbaren Schlamm auf den überschwemmten Flächen deponiren.

Aus diesen Gründen wurde in neuerer Zeit von manchen Seiten der Vorschlag gemacht, die Winterdeiche in Sommerdeiche umzuwandeln oder

überhaupt die bisherigen Systeme der Eindeichung vollständig zu ändern. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass dies in den meisten Fällen unmöglich ist, bezw. dass die Beseitigung oder Erniedrigung der Deiche andere und zwar zumeist sehr erhebliche Missstände zur Folge haben muss. Man verliert mit Beseitigung der Deiche die Herrschaft über das Wasser vollständig; die im Schutze derselben liegenden Städte, Dörfer und Einzelgehöfte müssten durch Ringdeiche geschützt werden, wenn sie nicht der Vernichtung anheimfallen sollen. Eine geregelte Abwässerung des Binnenlandes wird mit Beseitigung der Deiche geradezu unmöglich. Dasselbe würde im Laufe der Zeit theils vermuhren, theils versumpfen. In Zeiten der Ueberfluthung bilden die Dammkronen die einzig möglichen Communicationen, welche mit Erniedrigung oder Beseitigung der Deiche verloren gehen und demnach bei längere Zeit andauerndem Hochwasser ganze Ortschaften von allem Verkehre ausschliessen.

Anstatt die Deiche zu beseitigen oder zu erniedrigen, sollte man, wenigstens in den meisten Fällen, für eine Verbesserung derselben, wo solche nothwendig erscheint, Sorge tragen und zwar durch Verlegung bei Profilengen, durch Verstärkung, Erhöhung sowie namentlich durch eine Correction der Binnenentwässerungs-Anlagen. In geeigneten Fällen bleibt immer noch die Möglichkeit offen, zum Zwecke der Entlastung des Stromes gewisse Flächen durch Anordnung von Ueberläufen in den Deichen überfluthen zu lassen, ein Verfahren, welches da am Platze ist, wo das betreffende Terrain einen geringen Werth besitzt, namentlich verglichen mit anderen sonst der Ueberschwemmung und schwerer Schädigung anheimfallenden Districten oder wenn dasselbe der Ueberschlickung durch die Hochfluthen beziehungsweise der Colmation bedarf. Selbstvertändlich muss hierbei stets für eine gesicherte Ableitung des Wassers durch Siele Sorge getragen werden und muss die Einrichtung getroffen sein, im Falle ausserordentlicher Sommerhochwässer derartige Ueberläufe schnell zu erhöhen (aufzukahden), wenn man es nicht vorziehen sollte, die Einleitung des Wassers in das Terrain mittelst Colmationsschleussen zu bewerkstelligen.

Es ist ersichtlich, dass diese Massregel nur unter besonders günstigen Umständen, in selten zutreffenden Fällen, ausführbar ist. In der Regel wird es sich um Erhaltung des Bestehenden, in manchen Fällen auch um Anlage neuer Winterdeiche handeln, wenn man den oft durch die Arbeit von Jahrhunderten gewonnenen Culturboden dauernd schützen will. Ausgeschlossen bleibt dabei nicht, dass, wo die Verhältnisse dies gestatten, die bisherigen Nachtheile der Eindeichung durch zweckmässige Colmations- und Bewässerungsanlagen eingeschränkt bezw. gänzlich beseitigt werden.

3. Die Deichvertheidigung.

Ein Deich kann in Gefahr gerathen durch das Ueberlaufen des Wassers über denselben, durch Wellenschlag und durch Fehler im Innern des Deiches.

Von diesen Umständen ist das Ueberlaufen des Wassers das Gefahrvollste, weil bei Fortdauer desselben der Deichbruch die unabweisliche Folge ist. Das Ueberlaufen tritt bei der Normalhöhe der Winterdeiche, welche stets den höchsten Hochwasserstand bei freiem Wasser übersteigt, in der Regel nur bei Eisstopfungen ein, wobei das Wasser oberhalb des Staus derartig schnell zu steigen pflegt, dass nur kurze Zeit zur Ergreifung der nöthigen Massregeln bleibt.

Am günstigsten würde in diesem Falle die Abwehr der Gefahr bewirkt werden, wenn es gelänge, die Eisstopfung in entsprechend kurzer Zeit zu beseitigen, wozu jedoch nur in den seltensten Fällen die Aussicht ist. Desshalb bleibt nur, um dem Bruche des Deiches zu begegnen, eine vorübergehende Erhöhung desselben, die sogenannte Aufkastung, übrig. Zu dieser werden Bretter verwendet, welche, wenn möglich, an einer Seite gesäumt sind. Dieselben werden etwa 0,30 m von der äusseren Kante der Deichkrone entfernt, mit der besäumten Seite nach unten, derartig aufgesetzt, dass ihre Enden sich um 0,10 bis 0,15 m überdecken. Hierbei wird das stromaufwärts gekehrte Ende des Brettes jedesmal hinter das Ende des oberhalb stehenden Brettes gestellt, damit die längs der Verkastung hintreibenden Eisschollen das obere Ende des Brettes nicht fassen und die Verkastung aus dem Verbande bringen können. An den Stellen, an welchen die Bretter sich überdecken, werden sie durch je zwei Pfähle befestigt, von denen der eine inwendig, der andere auswendig so dicht wie möglich vor der Bretterfläche eingeschlagen wird. Um das Einbiegen der Bretter zu verhüten, ist es rathsam, in der Mitte der Länge jedes Brettes noch einen Pfahl auf der inneren Seite einzuschlagen. Das Aufschwimmen der Bretter wird dadurch verhindert, dass man die beiden gegenüberstehenden Pfähle an dem Ende jedes Brettes durch eine Weidenruthe oder ein Strohband unmittelbar über dem Brette scharf zusammenbindet.

Damit durchaus kein Zwischenraum zwischen dem Brette und der Deichkrone bleibe, ist es rathsam, die Bretter etwas in letztere einzutreiben und unmittelbar vor dem Brette auf der äusseren Seite eine kleine Lage Erde oder Dünger anzubringen. Gestattet der im Deiche vorhandene Frost nicht, die Pfähle tief genug in den Deich einzutreiben, so müssen an deren Stelle grosse Steine angewendet werden, zwischen welchen die Bretter eingeklemmt werden.

Ist Material genug vorhanden, so empfiehlt es sich, in einer Entfernung von 0,25 bis 0,30 m hinter der ersten noch eine zweite Bretterreihe auf gleiche Weise anzulegen und den Raum zwischen beiden mit festgestampftem Strohdünger auszufüllen. Durch diese doppelte Aufkastung wird nicht nur eine grössere Haltbarkeit erzielt, sondern auch die Möglichkeit gegeben, bei noch fortdauerndem Steigen des Wassers in dem mit Dünger ausgefüllten Zwischenraume wieder eine zweite einfache Aufkastung aufzusetzen. Bei derselben wird in gleicher Weise wie bei der ersten verfahren und muss nur darauf gesehen werden, dass die Pfähle durch die Düngerausfüllung hindurch und noch tief genug in die

Deichkrone getrieben werden. An Stelle der Bretter kann auch Bauholz, namentlich beschlagenes, verwendet werden, falls solches zur Hand ist.

Reichen die Bretter nicht aus, so kann im Nothfalle eine Aufkastung auch blos durch Strohdünger und Erde hergestellt werden, indem man mit diesem Material auf der Deichkrone wieder einen kleinen Damm, wenn auch nur mit einfacher Böschung, aufführt. Der Strohdünger wird in der Vorderböschung verwendet. Derselbe muss möglichst gleichmässig vertheilt, festgestampft oder festgetreten werden, um eine gleichmässige Dichtigkeit zu erhalten. Dem Aufschwimmen desselben sucht man durch aufzulegende Steine vorzubeugen. An Stelle des Düngers kann auch Rasen und gute trockene Erde verwendet werden, wenn sie in der Nähe zu erlangen sind.

Hat man Faschinenholz zur Verfügung, so kann auch mit diesem die Aufkastung bewerkstelligt werden. Besonders empfehlen sich gut belaubte Weiden oder frische kieferne Faschinen, welche auf der Deichkrone mit Pfählen befestigt werden, um die dahinter aufzubringende Erde gegen Abspülung zu schützen. Die Sturzenden kommen hierbei stromaufwärts zu liegen; sie müssen aber von den Spitzen der zunächst oberhalb liegenden Faschinen bis auf das unterste Band überdeckt werden. Diese Aufkastung erfordert eine sorgfältige und reichliche Verfüllung und Verstopfung.

Weidene und kieferne Faschinen eignen sich auch zur Anfertigung von 0,25 bis 0,30 m starken Würsten von beliebiger Länge, am besten 4 bis 5 m lang. Mit Pfählen auf der Deichkrone befestigt, können sie bei der doppelten Aufkastung die hintere Bretterreihe ersetzen, aber auch, falls keine Bretter vorhanden sind, allein benutzt werden. In diesem Falle müssen sie auf beiden Seiten, am sorgfältigsten allerdings auf der äusseren, eine hinreichende Verkleidung durch Strohdünger erhalten.

Bei gänzlichem Mangel an Aufschüttungsmaterial bleibt schliesslich noch der Ausweg übrig, Erde und Rasen von dem hinteren Theile der Deichkrone zu entnehmen und zur Herstellung der Aufkastung zu verwenden, ein Mittel, welches jedoch nur im äussersten Nothfalle ergriffen und mit grosser Umsicht ausgeführt werden muss.

Der Wellenschlag bringt bei weitem nicht die Gefahren mit sich wie das Ueberlaufen des Deiches, namentlich wenn wie gewöhnlich die äussere Böschung eine dreifache ist. Trotzdem können durch den Wellenschlag Beschädigungen eintreten und zwar am ehesten bei ungünstiger Lage des Deiches und ungewöhnlicher Heftigkeit des Windes.

Jedes Hochwasser führt eine Menge Stoppeln, Schilf, Holzstücke und ähnliche leichte Körper, das sogenannte Treibzeug, mit sich, welches an Stellen, an denen wenig Strom ist, bei stillem Wetter oft in beträchtlicher Breite vom Deiche aus die Oberfläche des Wassers bedeckt. Dasselbe gewährt eine natürliche Sicherung des Deiches gegen den Wellenschlag. Mangelt es dagegen an diesem Treibzeuge und drohen die Wellen,

die Deichböschung zu beschädigen, so muss diese gedeckt werden. Hierzu bedient man sich am zweckmässigsten geflochtener Horden oder Strohdecken, welche man auf der Böschung ausbreitet und soweit nöthig durch Pfähle befestigt. In Ermanglung dieser leisten Lagen von Schüttstroh in etwa 0,10 m Stärke gute Dienste. Man bringt sie an den gefährdeten Böschungen, mit den Stoppelenden nach oben gekehrt, an und befestigt sie durch gewöhnliche Würste oder durch Strohseile. Diese werden in Abständen von 0,60 m gleichlaufend darüber gelegt und mittelst durchgeschlagener Pfähle in den nämlichen Abständen festgehalten. Steigt das Wasser, während der Wellenschlag andauert, höher, so wird eine zweite Lage Stroh nöthig, deren Spitzen die Stoppelenden der ersten auf 0,30 bis 0,45 m bedecken müssen. Auch Faschinen leisten für die Sicherung der Ufer gegen Wellenschlag gute Dienste. Sie werden in gleicher Weise wie bei den Uferdeckungen (Seite 143) verwendet.

Sämmtliche Bedeckungen müssen womöglich auf 0,30 m unter den Wasserspiegel gebracht werden. Sind bereits Löcher in die Deichböschungen gerissen, so müssen diese zuvor mit Dünger, Erde, Stroh oder dergleichen ausgefüllt werden, damit die Bedeckung nicht hohl zu liegen kommt.

Eine erhebliche Gefahr für den Deich kann auch durch Fehler im Innern desselben entstehen. Hierunter sind Löcher, Röhren oder Gänge zu verstehen, welche von Hamstern, Ratten, Maulwürfen und ähnlichen Thieren gegraben wurden, sowie solche Fehler, deren Ursache in mangelhaftem Material des Deiches zu suchen sind. Dass die durch Thiere gegrabenen Canäle durch den Deich hindurchgehen und ein directes Ausströmen von Wasser auf der inneren Deichböschung veranlassen, kann bei der beträchtlichen Stärke der Deiche nur in den seltensten Fällen vorkommen. So lange nur ein schwaches Durchsickern stattfindet, das durchfliessende Wasser klar bleibt und die Wassermasse nicht bedeutend ist, ist keine Gefahr zu befürchten. Eine solche tritt jedoch ein, wenn das Wasser trübe, also mit Erdtheilen gemischt erscheint und wenn die durchfliessende Menge zunimmt.

Das Verstopfen einer derartigen Quelle muss stets auf der äusseren Böschung versucht werden. Liegt der Einfluss in den Deich nicht tief unter dem Wasserspiegel, so zeigt er sich bei stillem und ruhigem Wasser oft schon durch einen kleinen Wirbel auf der Oberfläche an. Man kann in diesem Falle die Oeffnung leicht finden und mit Stroh oder Dünger verstopfen. Gelingt dies nicht, so sucht man die Oeffnung dadurch zu erreichen, dass man mit einer Stange, an welcher ein Strohwisch befestigt ist, auf der äusseren Böschung langsam hin und her fährt und zugleich die Ausflussöffnung auf der inneren Böschung beobachtet. Sobald man wahrnimmt, dass dieselbe zu laufen aufhört oder der Ausfluss wenigstens abnimmt oder das Wasser plötzlich trüber wird, so kann man annehmen, dass die Einmündung gefunden wurde. Man schlägt hierauf in einem

Halbkreise um die aufgefundene Stelle Pfähle ein, jeden etwa 0,30 m von dem anderen entfernt, versenkt innerhalb derselben Würste oder Faschinen und füllt den Raum zwischen diesen und der Deichböschung mit Erde oder Strohdünger aus, den man mit Steinen beschwert. Diese Ausfüllung verstopft den gebildeten Canal hinreichend, weil das Wasser sie gegen die Deichböschung drückt.

Ist es unmöglich, die Einmündung des Canales zu entdecken, so nimmt man zur Verstopfung auf der inneren Böschung seine Zuflucht. Der Erfolg ist hier immer nur ein zweifelhafter, da nach erfolgter Sperrung das Wasser in Folge des stattfindenden Druckes leicht an anderer Stelle zu Tage tritt. Man kann desshalb nur in dem Falle einen Erfolg erwarten, dass man dem Drucke des Wassers einen mindestens gleichen entgegensetzt. Zu diesem Zwecke breitet man auf und um die schadhafte Stelle Strohdünger aus, belegt denselben mit Brettern und beschwert diese mit so viel Steinen, wie man anbringen kann. In der Regel versprechen diese Versuche zur Verstopfung der im Innern des Deiches gebildeten Canäle keinen Erfolg und es hat sich ein günstiges Resultat nur unter besonders glücklichen Umständen ergeben. Desshalb ist es im Allgemeinen vorzuziehen, bei ernster Gefahr einen Schutzdeich auf der Binnenseite der bedrohten Deichstrecke zu ziehen. Aus welchem Material derselbe zu erstellen ist, hängt ganz von dem zur Hand befindlichen ab. Man schlägt Spundwände und schüttet Erde dahinter an, erbaut Fangdämme, Faschinenwerke u. s. w. Zuweilen ist es gelungen, hierdurch eine bereits sehr weit vorgeschrittene Gefahr für das Binnenland zu beseitigen.

Bei jeder Deichvertheidigung gilt als Grundsatz, sich auch durch die ungünstigsten Aussichten nicht abschrecken zu lassen und die Vertheidigungsarbeiten bis zum letzten Momente mit gleichem Eifer fortzusetzen. Es kann selbst in den schlimmsten Fällen immer noch ein Umstand hinzutreten, welcher die Gefahr wider alles Erwarten beseitigt.

Bei eintretendem Deichbruche erweitert sich die Oeffnung in Folge des gewaltigen Wasserdruckes oft mit Riesenschnelle: Das herabstürzende Wasser kolkt den Boden in beträchtlichen Dimensionen aus, während das fortgerissene Material die angrenzenden Aecker und Wiesen oft zu erheblicher Höhe überdeckt. Von einer Ausfüllung des Kolkes kann späterhin zumeist keine Rede sein, da seine Dimensionen zu bedeutende sind; ebenso bleiben oft die mit Kies und Erde überdeckten Flächen auf lange Zeit brach liegen. Es sind dies die dauernden Schäden, welche ein Deichbruch verursacht. Die Ueberschwemmung der Niederung bringt oft den Verlust der Ernte mit sich; auch die Wohngebäude, falls sie nicht von vorn herein mit Rücksicht auf etwaige Ueberschwemmungen angelegt sind, stürzen zumeist ein oder werden durch die Gewalt des strömenden Wassers weggerissen.

Hin und wieder ist es erforderlich, nach Ueberschwemmung einer eingedeichten Niederung dem Wasser auf künstliche Weise einen Abfluss

zu verschaffen, nachdem dasselbe im Flusse gesunken ist. Wie dies auszuführen, lässt sich im Allgemeinen nicht bestimmen, da die localen Verhältnisse hierbei den Ausschlag geben.

Ausser einem zweckmässigen technischen Verfahren zur Vertheidigung der Deiche ist aber auch noch eine Reihe administrativer Massregeln erforderlich, wenn der Erfolg nach Möglichkeit gesichert werden soll. In erster Reihe gehört zur angemessenen Vertheidigung eines Deiches ein geübtes Personal, aus den Bewohnern der gefährdeten Ortschaften gebildet. Es empfiehlt sich demnach, die geeigneten Bewohner zu Wasserwehren zu vereinigen und bereits in normalen Zeiten alles Erforderliche vorzukehren, um in der Zeit der Gefahr energisch eingreifen und das Gebiet gegen die andringenden Fluthen vertheidigen zu können. Von behördlicher Seite sollten derartige Wasserwehren, ihre Organisation, ihr Vorgehen bei eintretendem Hochwasser u. s. w. in jeder Hinsicht gefördert werden. Wenn sich in allen bedrohten Gebieten tüchtige Männer zu dem angegebenen Zwecke zusammenthun, so wird künftighin manches Hochwasser, welches jetzt eine verderbenbringende Wirkung auf die Niederung ausübt, ohne erheblichen Schaden vorübergehen.

Auch der Nachrichtendienst hat noch nicht überall diejenige Organisation erfahren, welche zur möglichsten Verhütung von Schäden erforderlich ist. Die Einrichtung eines umfassenden hydrologischen Dienstes mit telegraphischer Uebermittlung der eingetretenen oder zu erwartenden Hochwasserstände an die weiter abwärts gelegenen Stationen ist in allen Flussgebieten eine dringende Nothwendigkeit; die aus diesen Nachrichten und der localen Situation abgeleiteten Wasserstands-Prognosen müssen überall die entsprechend schnelle Verbreitung durch die hierfür geeigneten Mittel, als telegraphische Mittheilungen an die Ortsbehörden, in den schlimmsten und dringendsten Fällen durch Alarmschüsse und Fanalzeichen, erhalten, damit die Bevölkerung von dem Hochwasser nicht überrascht werde. In sehr vielen Fällen lässt sich dieses durch die Verhältnisse im oberen Flusslaufe mit einiger Sicherheit vorausbestimmen, so dass oft die Bergung der Ernte bewerkstelligt und die geeigneten Mittel zur Abwehr der Gefahr getroffen werden können. Zu diesen gehört die Oeffnung von Grundablässen in den Stauanlagen, die Erhöhung etwaiger Ueberläufe in den Deichen bei Sommerhochfluthen, eventuell selbst ganzer Deiche bei starken, durch Winterhochwasser verursachten Gefahren. Derzeit bestehen aber noch keineswegs die entsprechenden Einrichtungen, um überall rechtzeitig Hochwasser-Warnungen ausgeben zu können. Es bedarf hierzu einer wesentlichen Vermehrung der meteorologischen Stationspunkte, namentlich in den Quellengebieten unserer Flüsse, wo die Menge der atmosphärischen Niederschläge an den einzelnen, oft dicht bei einander liegenden Orten erheblich wechselt. Ferner genügen auch die bisherigen

Pegelbeobachtungen nicht, um hieraus Schlussfolgerungen für die unteren Gegenden zu ziehen.

Mit Vervollständigung derselben, überhaupt mit Einrichtung eines vollständigen hydrologischen Dienstes in den der Hochwassergefahr ausgesetzten Gebieten würde zweifellos ein Theil der derzeit verderbenbringenden Hochwässer schadlos vorüber gehen. Selbstverständlich darf aber von dieser Einrichtung nur in dem Falle ein Erfolg erwartet werden, dass sie sich das ganze Jahr hindurch in permanenter Function befindet und bei Eintritt der Gefahr ihre Aufgabe nach einer genau festgesetzten, den localen Verhältnissen angepassten Organisation durchführt.

D.

DIE STAUANLAGEN.

a. Einleitung.

Stauanlagen sind solche Einbaue in Wasserläufen, welche mittelst einer Verengung des Durchlassprofiles die Erhöhung oder Anstauung des Wasserspiegels oberhalb des Stauwerkes bewirken. Der Zweck der Stauanlagen ist ein überaus mannigfacher; ihre hauptsächlichste Verwendung finden dieselben:

a) Zum Zurückhalten des Wassers in Reservoiren mittelst Sperrmauern und Klausen (für Triftanlagen);

b) Zur Ableitung von Triebwerks- und Bewässerungscanälen aus Bächen und Flüssen;

c) Um einen natürlichen oder künstlichen Wasserlauf zum Zwecke der Verminderung des Gefälles in einzelne Haltungen zu zerlegen;

d) Um Wasserläufe zeitweilig abzusperren oder die Consumtion derselben zu reguliren.

Die erste Gruppe von Stauwerken wurde bereits im vorangegangenen Abschnitte (Seite 172 und 174) besprochen. Aus der Aufführung der folgenden Gruppen wird ersichtlich, dass die Anstauung des Oberwassers nicht immer Zweck des Stauwerkes, sondern häufig nur eine Folge desselben ist. Bezweckt wird dieselbe bei Ableitung eines Werks- oder Bewässerungscanales aus einem Flusse, wo mittelst einer Wehranlage der Wasserspiegel zu einer für die Ableitung des Canales erforderlichen Höhe angestaut werden soll. Ferner bei canalisirten Flüssen, wo die Wehranlage durch Hebung des Oberwassers die Fahrtiefe vermehrt und das Gefälle der oberen Haltung verringert. In sehr vielen Fällen bezweckt man aber mit der Stauanlage nur eine Regulirung oder zeitweilige Absperrung eines Wasserlaufes, z. B. bei den Einlassschleusen für Bewässerungscanäle oder den Sielschleusen der Entwässerungscanäle. Hier tritt der Stau des Wassers selbstverständlich in gleicher Weise ein wie bei den erst erwähnten Anlagen; derselbe bringt aber häufig Nachtheile mit sich, welche hier zunächst erörtert werden sollen.

1) Wenn ein Wasserlauf zum Zwecke der Ableitung eines Werks- oder Bewässerungscanales gestaut wird, so findet im Oberlaufe eine Erhöhung des Wasserspiegels statt. Dieselbe hat häufig zur Folge, dass das überschüssige Wasser des angrenzenden Terrains nicht in den Wasserlauf, welcher für dasselbe als Vorfluthrecipient dient, abgeleitet werden kann, bezw. dass das hochgehaltene Wasser des Flusses als Seihwasser (vgl. Seite 18) in den Boden tritt und diesen versumpft. Eine derartige Versumpfung lässt sich nur durch angemessene Tieferlegung oder gänzliche Entfernung der fraglichen Stauanlage oder durch Einleitung des Entwässerungscanales in das Unterwasser des Flusses beseitigen, wobei sich sehr häufig erhebliche Schwierigkeiten, weniger technischer als rechtlicher Natur, ergeben. Zuweilen findet durch eine verhältnissmässig unbedeutende Stauanlage für Triebwerke, namentlich unbedeutend in Hinsicht auf die sich ergebende mechanische Leistung der betreffenden Motoren, die Versumpfung eines ausgedehnten Gebietes statt und ergeben sich alsdann oft die grössten Schwierigkeiten bei der Sanirung der entstandenen misslichen Zustände. Namentlich macht sich der Rückstau oft nachtheilig geltend, wenn die Stauanlage in einem Wasserlaufe mit schwachem Gefälle und niedrigen Ufern angelegt ist, während bei Stauwerken in Gebirgsbächen, vornehmlich solchen mit tief eingeschnittenen Betten, die Gefahr der Versumpfung des angrenzenden Terrains eine erheblich geringere ist.

2) Wenn oberhalb der Stauanlage sich in dem nämlichen Wasserlaufe ein Triebwerk befindet, so kann der Fall eintreten, dass durch die Erhöhung des Unterwassers des letzteren in Folge des entstehenden Rückstaus die Leistung des Triebwerkes vermindert wird. Da der Effect eines Wassermotors proportional dem in Verwendung kommenden Gefälle ist, so findet bei Verminderung desselben eine entsprechende Reduction der Leistung statt. Es ist dies somit der Fall, sobald sich der Rückstau bis zum Unterwasser der oberhalb des Stauwerkes befindlichen Triebwerksanlage fortsetzt. Da sich der Rückstau in Wasserläufen mit schwachem Gefälle weiter nach aufwärts erstreckt als in solchen mit starkem Gefälle, so sind Stauanlagen in Wasserläufen letzterer Gattung auch in kürzerer Aufeinanderfolge sowie mit grösserer Stauhöhe zulässig als in Wasserläufen mit schwachem Gefälle.

Es verursacht oft erhebliche Schwierigkeiten, bei der Anlage von Stauwerken die Rechte der einzelnen Interessenten abzuwägen. Die Stauberechtigung wird seitens der zuständigen Behörde stets für eine bestimmte grösste Stauhöhe ertheilt, welche namentlich mit Rücksicht auf die Vorfluthverhältnisse der angrenzenden Ländereien und auf die oberhalb gelegenen Triebwerksanlagen bemessen wird. Zur Erkennung des gestatteten höchsten Oberwasserstandes muss an der Stauanlage ein gegen zufällige Beschädigung nach Möglichkeit geschützter Staupfahl (Normalzeichen, Aichpfahl, Haimpfahl) angebracht sein, an welchem der Wasserstand deutlich markirt ist. Sobald das Wasser über die durch das Stau-

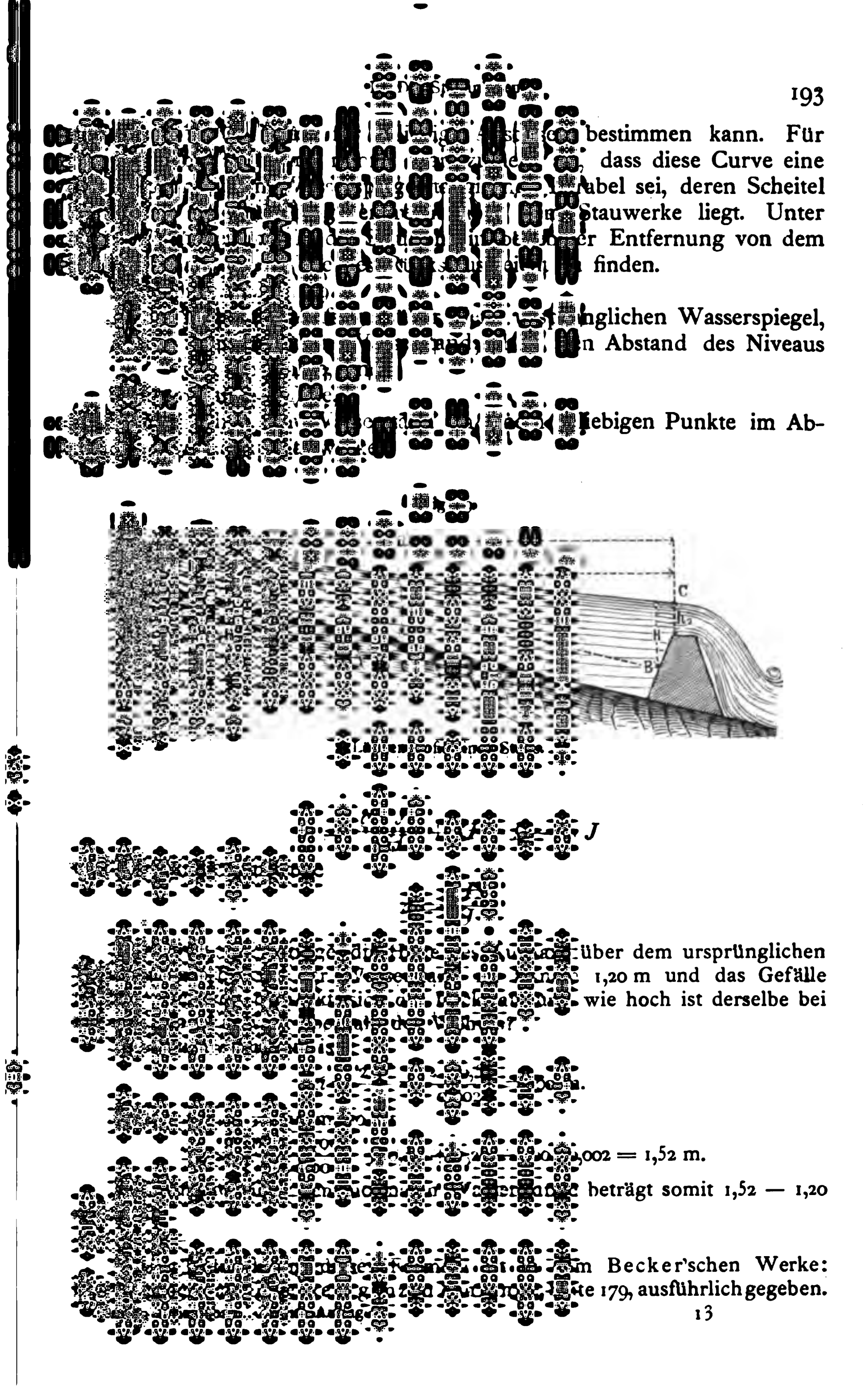
mass festgesetzte Höhe ansteigt, muss der Besitzer der Stauanlage durch Oeffnung der vorhandenen Schleusen bezw. durch Wegräumen aller Hindernisse den Abfluss so lange befördern, bis der Wasserstand wieder auf die zulässige Höhe gesunken ist. Im Unterlassungsfalle wird der Stauberechtigte für den Schaden haftbar, der Anderen hieraus erwächst.

3) Jede Stauanlage an natürlichen Wasserläufen bringt die Gefahr mit sich, dass durch die Einschränkung des Profiles der Abfluss des Hochwassers verzögert wird und somit Ueberschwemmungen des oberhalb der Stauanlage befindlichen Gebietes eintreten können. Auch diese Gefahr nimmt in dem Masse zu, wie das Gefälle des Wasserlaufes abnimmt, ferner mit der Stauhöhe und mit der flacheren (weniger in das Terrain eingeschnittenen) Lage des Flussbettes. Zur Verhütung dieser Gefahr ist es erforderlich, die Stauanlagen in natürlichen Wasserläufen mit Durchlässen von hinlänglicher Weite, d. h. theilweise als lichte Wehre, anzuordnen. Neben dem Wehre müssen sich also Freiarchen (Freifluther, Faulfluther) befinden, durch welche das Hochwasser bezw. auch das normale Wasser bei Einstellung des Betriebes des betreffenden Triebwerkes unbehindert abfliessen kann. Noch besser eignen sich hierzu die als Nadelwehre bekannten Stauwerke, welche es ermöglichen, bei eintretendem Hochwasser das ganze Profil vollständig frei zu machen.

4) Endlich ist als ein Nachtheil derjenigen Stauwerke, welche das Wasser über ihrer Krone überfliessen lassen, anzusehen, dass sich oberhalb derselben in Folge der Geschwindigkeits-Verzögerung leicht Sinkstoffablagerungen bilden. Dieselben können etwa vorhandene Grundablässe vollständig verlegen, so dass zur Freimachung derselben eine Räumung nothwendig wird. Uebrigens vermehrt sich bei Oeffnung der Grundablässe die Strömung derartig, dass hierdurch die Sinkstoffe zumeist weitergeführt werden. Ferner wird durch die Stauung häufig eine Beschädigung der Sohle und Seitenwandungen des Unterlaufes veranlasst, falls diese nicht in entsprechender Weise gesichert sind.

Stauweite und Stauhöhe. Bei Bestimmung der Stauweite, d. h. der Entfernung, bis zu welcher sich die Erhebung des Wasserspiegels in Folge eines Staus stromaufwärts fortsetzt, ist zu berücksichtigen, dass der erhöhte Wasserspiegel in der Längenachse eine Curve bildet, welche asymptotisch mit dem ursprünglichen Wasserniveau zusammenfällt. Der Abstand des Berührungspunktes der Staucurve mit dem letzteren von dem Stauwerke ist die Stauweite; eine durchaus genaue Bestimmung derselben ist bei dem in Fig. 79 dargestellten allmähligen Verlaufen der Staucurve in das ursprüngliche Wasserniveau nicht möglich.

Für die Praxis ist es wichtiger, zu ermitteln, wie hoch der Wasserspiegel an einer bestimmten Stelle oberhalb des Staus erhöht wird, da man hierdurch am besten im Stande ist, die Einwirkung eines Stauwerkes auf die Vorfluthverhältnisse oder auf eine oberhalb gelegene Triebwerksanlage zu erkennen. Zu diesem Zwecke ist es nothwendig, die Gleichung der Staucurve zu kennen, nach welcher man alsdann die Höhe



bestimmen kann. Für
dass diese Curve eine
bel sei, deren Scheitel
Stauwerke liegt. Unter
r Entfernung von dem
finden.

nglichen Wasserspiegel,
n Abstand des Niveaus

iebigen Punkte im Ab-

J

über dem ursprünglichen
1,20 m und das Gefälle
wie hoch ist derselbe bei

,002 = 1,52 m.

beträgt somit 1,52 — 1,20

m Becker'schen Werke:
te 179, ausführlich gegeben.

Bei $a_2 = 200$ m ist

$$h_2 = \frac{200^2 \cdot 0,002^2}{4 \cdot 0,50} + 0,50 + 1,20 - 200 \cdot 0,002 = 1,38 \text{ m.}$$

Der Aufstau ist demnach 1,38 — 1,20 = 0,18 m.

Bei $a_3 = 300$ m ist

$$h_3 = \frac{300^2 \cdot 0,002^2}{4 \cdot 0,50} + 0,50 + 1,20 - 300 \cdot 0,002 = 1,28 \text{ m.}$$

Der Aufstau ist 1,28 — 1,20 = 0,08 m.

Bei $a_4 = 400$ m ist

$$h_4 = \frac{400^2 \cdot 0,002^2}{4 \cdot 0,50} + 0,50 + 1,20 - 400 \cdot 0,002 = 1,22 \text{ m.}$$

Der Aufstau ist 1,22 — 1,20 = 0,02 m.

Die Bestimmung der Stauhöhe eines Ueberfallwehres geschieht in folgender Weise: Es bezeichne

Q die Wassermenge im Flusse in cbm,

F das benetzte Querprofil oberhalb des Wehres in qm,

v die secundliche Wassergeschwindigkeit daselbst $= \frac{Q}{F}$,

$k = \frac{v^2}{2g}$ die sog. Geschwindigkeitshöhe für v,

b die Breite des Wehres,

h die Höhe des Aufstaus über der Wehrkrone,

so ist nach Weisbach

$$Q = 2,45\, b\, [(h + k)\sqrt{h + k} - k\sqrt{k}]$$

und

$$h = \sqrt[3]{\left(\frac{0,41\, Q}{b} + k\sqrt{k}\right)^2} - k.$$

Der Werth von Q wird direct gemessen, F wird für die zulässige Stauhöhe, welche sich aus der localen Situation ergiebt, bestimmt, wonach man den Werth von v und k entwickeln kann. Da die Höhe des Wehres gleich der Wassertiefe oberhalb des Wehres vermindert um den Aufstau h ist, so kann nach der Formel die Höhe des Wehres ermittelt werden.

Zuweilen ist es erforderlich, durch Anlage eines schiefen Wehres die Ueberfallsbreite zu vergrössern, um eine grössere Wassermasse bei höheren Wasserständen abfliessen zu lassen. Die Breite des Wehres bestimmt sich alsdann für eine gegebene Wassermenge Q und für die zulässige Aufstauung h des Wassers über der Wehrkrone aus der Formel

$$b = \frac{Q}{2,45\, [(h + k)\sqrt{h + k} - k\sqrt{k}]}.$$

Messung des Rückstaus. Empirisch lässt sich die Wirkung eines Staus auf die obere Strecke des Wasserlaufes nur bestimmen, wenn man

im Stande ist, den Stau zeitweilig vollständig zu entfernen, wie dies zuweilen möglich ist. In diesem Falle schlägt man, nachdem der Wasserlauf gestaut wurde, in der oberen Strecke desselben in angemessenen Abständen eine Anzahl Pfähle, deren Köpfe genau in gleicher Höhe mit dem Wasserspiegel abgeschnitten werden. Hierauf entfernt man den Stau, wodurch eine Senkung des Wasserspiegels eintritt, deren Stärke und Ausdehnung man an der Höhe erkennen kann, um welche die Pfahlköpfe aus dem Wasser hervorragen. Selbstverständlich kann dieser Versuch nur in dem Falle als richtig anerkannt werden, dass der Wasserzufluss während desselben ein constanter geblieben ist, wovon man sich durch Pegelbeobachtungen zu überzeugen hat.

Eintheilung der Stauwerke. Die Stauanlagen unterscheidet man in feste Wehre oder Ueberfallwehre, oft kurzweg Wehre genannt, und bewegliche Wehre. Erstere bewirken einen beständigen Stau und lassen das Wasser frei über ihrer Krone hinwegfliessen. Die beweglichen Wehre werden je nach der Art des Verschlusses, welcher das Wasser staut oder bei seiner Oeffnung demselben das Durchfliessen gestattet, als Schleusen, (Schleusenwehre, Stauschleusen, Durchlasswehre), ferner als Nadelwehre, Klappenwehre und selbstwirkende Wehre bezeichnet.

Häufig verbindet man ein Wehr mit einer Schleuse, um erforderlichen Falls, bei zu starkem Zuflusse des Wassers, den Stau theilweise aufheben zu können. Solche Wehre, welche nicht durch die ganze Breite des Profiles einen beständigen Stau herbeiführen, sondern an einem Theile desselben mit einem Durchlasswehre versehen sind, heissen lichte Wehre oder Ueberfall- und Schleusenwehre. Dieselben sind stets da anzulegen, wo ein beständiger Stau bei Hochwasser Schaden verursachen würde.

Je nach dem Zwecke bezeichnet man gewisse Gattungen von Schleusen als Einlassschleusen, Einlassschützen, Auslassschleusen, Sperrschleusen. Freiarchen sind Schleusenwehre, welche zum Ableiten des Hochwassers dienen, Grundablässe solche Schleusenwehre, welche dazu dienen, einen Theil des Wassers unmittelbar über der Sohle des Fluss- oder Bachbettes abzulassen, um die Wasserstauung auch bei wachsendem Wasserstande auf das zulässige Mass zu beschränken. Siele, Damm- oder Deichschleusen sind mit Sperrvorrichtungen versehene Wasserleitungen unter einem Erddamme hindurch. Kammerschleusen werden bei Schifffahrtscanälen und canalisirten Flüssen angewendet, um ein Fahrzeug aus einer „Haltung“ in die oberhalb oder unterhalb anschliessende Haltung zu heben oder zu senken.

In dem Nachfolgenden kann selbstverständlich die Anordnung der Wehre und Schleusen nur in soweit dargestellt werden, wie diese bei den Ausführungen des landwirthschaftlichen Wasserbaus in Anwendung kommen; weitere, detaillirtere Auskunft geben die am Schlusse angeführten Specialwerke des Wasserbaus.

b. Die Wehre.

Die festen Wehre unterscheidet man in zwei Gruppen, je nach der Höhe des verursachten Staus. Entweder liegt die Wehrkrone stets unterhalb des niedrigsten Wassers, in welchem Falle sie Grundwehre oder unvollkommene Uferfälle heissen. Dieselben dienen dazu, den Wasserstand bei besonders flachen Stellen um Einiges zu heben, z. B. um das Wasser in einen Seitencanal mit geringer Erhöhung gegen den Hauptwasserlauf abzuführen; ferner sollen dieselben zuweilen die Sohle des Wasserlaufes in einen bestimmten Zustand erhalten. Oder es liegt die Krone des Stauwerkes über dem Niveau des Unterwassers, in welchem Falle sie allgemein Ueberfallwehre oder vollkommene Ueberfälle genannt werden.

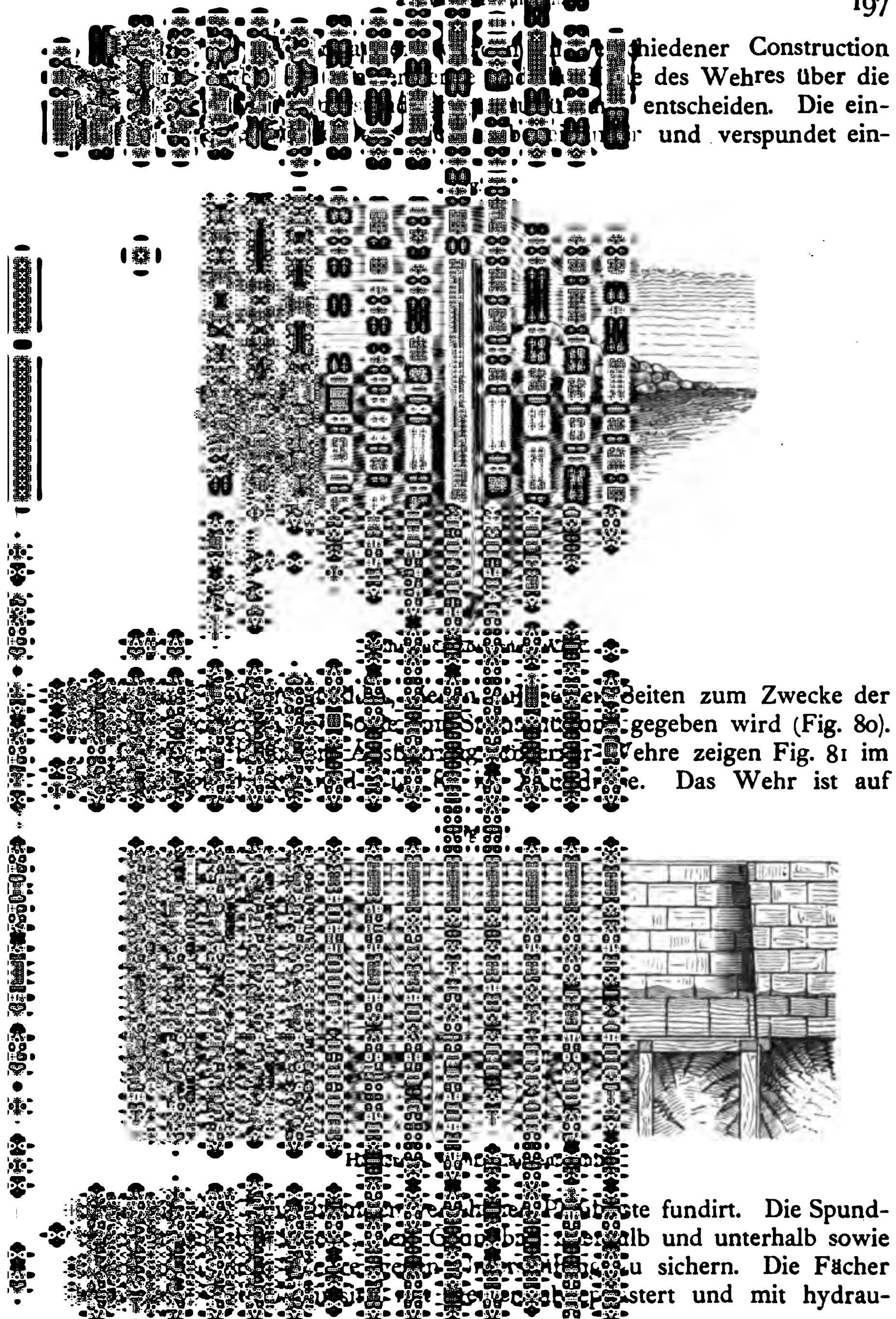
Die hauptsächlichste Anwendung finden die Wehre, um das Wasser in einen Seitencanal abzuleiten, welcher als Mühlencanal dient oder zum Zwecke der Bewässerung das anliegende Terrain beherrschen muss. Sie können überall da ausgeführt werden, wo nicht aus Rücksicht auf die Schifffahrt oder zum Ableiten der Hochwasserfluthen lichte Wehre oder Schleusen angezeigt sind.

Die Wehre werden in der Regel rechtwinklig auf den Stromstrich in einer geraden Linie angelegt, weil in dieser Anordnung die Ufer am wenigsten in Angriff versetzt werden; nur zur besseren Ableitung eines Seitencanales oder um die Stauhöhe des Wassers niedriger zu halten, werden schiefe Wehre angeordnet. Die letzteren gelten jedoch im Allgemeinen als unvortheilhaft, weil der Abfluss des Wassers stets normal zur Wehrrichtung erfolgt, so dass die Strömung gegen das Ufer gerichtet und dieses in Angriff versetzt wird. Ueberhaupt werden in Folge der erhöhten Geschwindigkeit des Unterwassers die Ufer und Sohle unterhalb des Wehres stark angegriffen, wesshalb bei der Ausführung der Wehre auf eine entsprechende Widerstandsfähigkeit nicht nur des Stauwerkes selbst, sondern auch der dem Angriffe am stärksten ausgesetzten Theile des Wasserlaufes Rücksicht zu nehmen ist.

Im landwirthschaftlichen Wasserbau finden die Wehre im Vergleiche zu den Schleusen nur beschränkte Anwendung, da durch den von ihnen verursachten beständigen Stau häufig ältere bestehende Rechte verletzt werden; nur in Wasserläufen mit starkem Gefälle kommen sie häufiger vor.

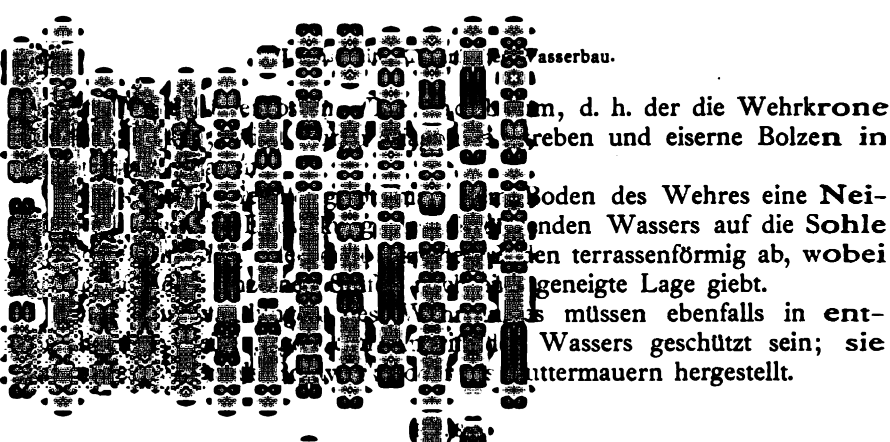
Als Material der Wehre dienen Faschinen, Holz und Steine. Erstere, in der Form von Senkfaschinen oder als Faschinat mit Flechtwerk, werden zuweilen zu den Grundwehren angewendet, indem sie durch Pfähle festgehalten und zu angemessener Höhe übereinander geschichtet werden. Sie haben selbstverständlich nicht die Dauer von hölzernen oder steinernen Wehren, so dass man sie nur bei kleinen Wasserläufen und in dem Falle anwendet, dass anderweitiges Material kostspielig zu beschaffen ist.

[illegible] hiedener Construction
[illegible] e des Wehres über die
[illegible] entscheiden. Die ein-
[illegible] r und verspundet ein-



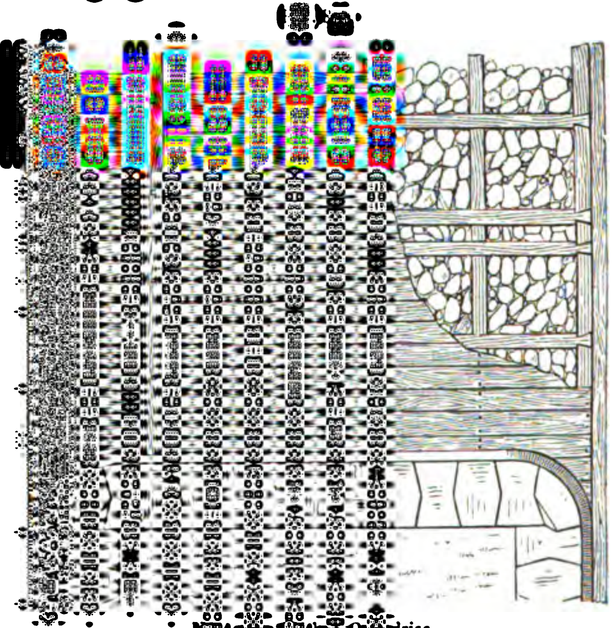
[illegible] Seiten zum Zwecke der
[illegible] gegeben wird (Fig. 80).
[illegible] Wehre zeigen Fig. 81 im
[illegible] e. Das Wehr ist auf

[illegible] te fundirt. Die Spund-
[illegible] lb und unterhalb sowie
[illegible] u sichern. Die Fächer
[illegible] stert und mit hydrau-



… m, d. h. der die Wehrkrone
… reben und eiserne Bolzen in

… oden des Wehres eine Nei-
… nden Wassers auf die Sohle
… en terrassenförmig ab, wobei
… geneigte Lage giebt.
… s müssen ebenfalls in ent-
… Wassers geschützt sein; sie
… uttermauern hergestellt.

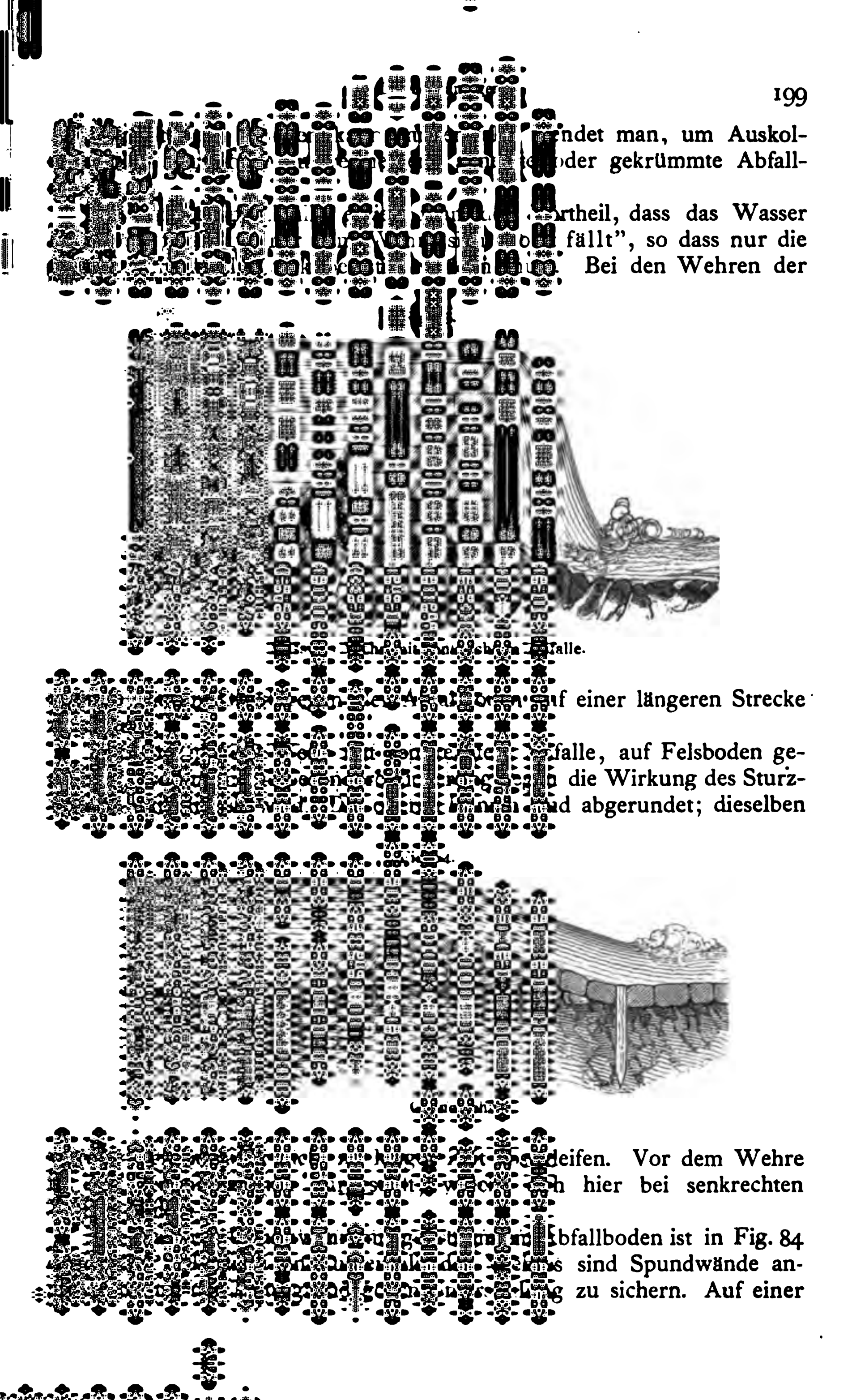


… driss.

… bei guter Ausführung und
… r eine fast unbegrenzte und
… mpfehlen sein, wo man das
… n herbeischaffen kann. Man
… h der Gestaltung der Wehr-
… bfalle, bei denen das über-
… den Boden aufschlägt und in
… g gekrümmte oder geneigte
… Wassers allmählig geschieht.
… iderstandsfähigen Abfallboden
… tem Fels oder gut zusammen-

ndet man, um Auskol-
oder gekrümmte Abfall-

rtheil, dass das Wasser
fällt", so dass nur die
Bei den Wehren der



falle.

f einer längeren Strecke

falle, auf Felsboden ge-
die Wirkung des Sturz-
d abgerundet; dieselben

eifen. Vor dem Wehre
hier bei senkrechten

bfallboden ist in Fig. 84
sind Spundwände an-
zu sichern. Auf einer

s Pflaster angelegt, welches
trägt.
Pfahlroste gegründet, der
ist. Die Bekleidung des

ter Werksteine, welche in
Cement vergossen wurden.
chsteinen ausgefüllt.
on dem Gesichtspunkte aus

en Sturz, also unter Beibe-
ssig herübergeführt wird.
rischen Regeln für die Con-
ebildeten Wehrrückens, die



jedoch in neuerer Zeit nur noch selten Anwendung finden. Man hat auch versucht, die Gleichung der zweckmässigsten Wehrcurve zu bestimmen und zwar unter der Bedingung, dass die Sohle des Wehres an ihrem unteren Ende asymptotisch in die Horizontale übergehen solle.*)

In Fig. 86 ist schliesslich ein grösseres Wehr mit geneigtem Abfallboden dargestellt. Dasselbe dient dazu, das Wasser im Dora Baltea-Flusse zum Zwecke der Ableitung eines Speisecanales aufzustauen, welcher dem Cavour-Canale Wasser aus der Dora Boltea zuführt. Die Länge des Wehres beträgt 200 m; neben demselben ist in dem Flusse eine Schleuse von 17,7 m Lichtweite eingebaut, welche durch zwei Nadelwehre geschlossen wird.

Die Krone des Wehres, aus Werkstücken sehr sorgfältig hergestellt, ist 1,20 m breit; der Abfall beträgt 1,50 m. Die Fundirung ist mittelst Beton ausgeführt; die Erde wurde nicht vollständig ausgehoben, sondern in der Mitte zu einem prismatischen Damme stehen gelassen. Drei Spundwände schützen das Werk gegen Unterspülung. Der Abfallboden hat eine Länge von 8,10 m und ist durch Banden von Werkstücken, welche 0,70 m tief eingreifen, in Rechtecke von 3,78 und 2,80 m getheilt.**)

c. Die Schleusen.

Die Schleusen dienen dazu, einen vorübergehenden Stau zu bewirken, den Eintritt des Wassers in einen Canal oder Graben zu reguliren oder einen Wasserlauf im Falle des Erfordernisses vollständig abzusperren. Die letztere Aufgabe haben sie z. B. bei Entwässerungsgräben zu erfüllen, wenn der Wasserstand in dem Vorfluthrecipienten derartig hoch gestiegen ist, dass ein schädlicher Rückstau erfolgen würde, ferner bei Bewässerungsanlagen, bei welchen man den Zufluss des Wassers zu den Bewässerungsgräben und zu den einzelnen Parcellen mittelst kleiner Schleusen regulirt. Bei Canälen, welche in Folge zu starken Gefälles in der Richtung der Trace oder, um denselben Canal für Be- und Entwässerung verwenden zu können, in einzelne Haltungen getheilt werden, legt man an den Absturzstellen eine Schleuse (Stauschleuse), zumeist mit wehrartig gekrümmtem Abfallboden an, um den Wasserstand in den einzelnen Haltungen zu reguliren. Häufig werden Schleusen dieser Gattung, ferner aber auch Ein- und Auslassschleusen sowie Sielschleusen mit Brücken oder Aquaducten combinirt, wodurch ein wichtiger Theil der Construction, die Landfesten (Widerlager, Uferpfeiler) beiden Aufgaben dienstbar gemacht wird.

Je nach diesen verschiedenen Aufgaben, welche die Schleusen zu

*) Hagen, Handbuch der Wasserbaukunst, II. Theil, II. Band, Seite 260.

**) Nach Hess, Die Bewässerungsanlagen Oberitaliens, Seite 82; Hannover 1873. Auch in der Zeitschrift *The Engineer*, Band 38, Seite 326 befindet sich eine Beschreibung und Abbildung dieses Wehres.

erfüllen haben, ist ihre Construction eine sehr mannigfaltige. Dieselbe richtet sich aber auch nach den Abmessungen, namentlich der Weite des Durchlassprofiles und der Stauhöhe. Durch diese Factoren wird der Wasserdruck bestimmt, welcher bei eintretender Sperrung auf die Schliessvorrichtung, die Schützen, ausgeübt und von diesen auf die statischen Theile der Schleuse übertragen wird.

Kleine Sperrschleusen in Bewässerungsgräben erhalten nur eine Schütze, welche das ganze Durchlassprofil sperren und öffnen kann. Sie bestehen häufig nur aus zusammengefügten Brettern, welche möglichst dicht in dem Grabenprofile eingesetzt werden; die Einstellung der Schütze erfolgt vielfach mittelst eines einfachen Handgriffes. Zuweilen, bei sehr kleinen Gräben, genügen noch einfachere Vorrichtungen, um die Sperrung zu bewirken, wie Rasenstücke oder Erddämme, welche mit dem Spaten erstellt und zu geeigneter Zeit wieder beseitigt werden. Grössere Schleusen, gegen welche ein starker Wasserdruck lastet, werden mehrtheilig hergestellt, d. h. es werden in einem gemeinschaftlichen Gerüst mehrere Schützen mit den zugehörigen Aufzugvorrichtungen neben einander angeordnet. Sie bedürfen ferner eines Steges, um bequem zu letzteren zu gelangen. Dieselben erhalten eine solide Fundirung mittelst Roste oder Betonirung und Spundwände, um den Grundbau gegen Unterwaschung durch das angespannte Wasser zu sichern. Die Sohle, der Fluthheerd, in seinen beiden Theilen, dem oberhalb der Sperrvorrichtung gelegenen Vorfluther (Vorboden) und dem unterhalb derselben befindlichen Hinterfluther oder Abfallboden, (Abschussboden), in gleicher Weise die Landfesten oder Widerlager müssen in entsprechender Weise gegen den Angriff des Wassers gesichert sein. Zwischen dem Vorfluther und dem Hinterfluther befindet sich bei Schleusen mit hölzernem Grundbau der Fachbaum, ein in genau horizontaler Lage angeordneter Balken, auf welchem die Schützen in ihrer tiefsten, den Wasserlauf sperrenden Stellung aufruhen. Bei Schleusen mit massivem Grundbau ruhen die Schützen in tiefster Stellung auf der Schwelle (Schützenschwelle, Grundschwelle), welche im Zusammenhange mit dem Vor- und Hinterfluther angeordnet wird. Bei grösseren mehrtheiligen Schleusen wird die Durchlassöffnung mittelst Zwischenconstructionen in so viel Theile getheilt, wie Schützen in Anwendung kommen sollen; diese führen bei massiver Ausführung den Namen Griespfeiler, während hölzerne oder eiserne Zwischenconstructionen Griessäulen oder Griespfosten heissen. Die Schützen bewegen sich in Falzen, welche an den Widerlagern und den Griespfeilern bezw. Griessäulen angebracht sind. Letztere werden unter sich und mit den Widerlagern durch Balken, die Griesholme, verbunden. Dieselben dienen dazu, die Schützenöffnungen in ihrer Breite zu erhalten und ferner zur Aufnahme der Aufzugvorrichtung.

Will man eine grössere Schleusenöffnung ohne Zwischenconstruction schliessen, so können hierzu Schützen keine Verwendung finden, da der Wasserdruck derartig erheblich ausfällt, dass die Bewegung der Schützen

zu grosse Widerstände verursachen würde. Man wendet in diesem Falle zuweilen Balken (Dammbalken, Einlegebalken) an, welche sich gegen Nuthen in den Widerlagern anlehnen. Dieselben werden mit starken eisernen Ringen versehen und mittelst Haken ausgehoben.

Die Construction der Schleusen hängt wesentlich von dem in Verwendung zu bringenden Material ab. Am vorzüglichsten eignet sich für den Grundbau, die Sohle und die Landfesten Stein, namentlich bei grösseren Anlagen. Die Kosten der massiven Schleusen sind freilich in den meisten Gegenden erheblich höher als die der hölzernen Schleusen; ihre Dauer ist aber auch eine ausserordentlich grosse und namentlich bei widerstandsfähigem Material und guter technischer Ausführung eine fast unbegrenzte. Hölzerne Schleusenbauten zeigen übrigens für die stets unter Wasser befindlichen Theile ebenfalls eine recht lange Dauer, besonders wenn die Grundwerke aus Eichenholz hergestellt sind. Dagegen besitzen die abwechselnd dem Wasser und der Luft ausgesetzten Theile, namentlich bei der Verwendung weicher Hölzer, eine verhältnissmässig kurze Dauer, etwa 15 bis 20 Jahre. In neuerer Zeit wendet man mit grossem Vortheile zu den ausser Wasser befindlichen Theilen, z. B. den Griessäulen und den Griesholmen, Schmiedeeisen an und zwar entweder gebrauchte Eisenbahnschienen, erforderlichen Falls doppelt mit zusammengenieteten oder verschraubten Grundflächen oder Schienen von I bezw. U förmigem Querschnitte. Gegenüber den Holzconstructionen ergiebt sich hierbei der Vortheil, dass die Dauer dieser, durch die Einflüsse der Witterung am meisten in Anspruch genommenen Theile eine sehr beträchtliche wird, während in allen Gegenden, in welchen das Holz kostspielig ist, der Preis nicht erheblich höher kommt als bei diesem. Auch die Stellfallen kleinerer Schleusen für Wiesenbewässerungen werden in neuerer Zeit zuweilen aus Eisenblech mit aufgenieteten Winkeleisen-Schienen hergestellt.

Zur Bestimmung der Profilweite einer Schleuse dient die Seite 89 angegebene Formel

$$Q = m a b \sqrt{2 g h},$$

in welcher die einzelnen Buchstaben die oben angegebene Bedeutung haben. Den Ausflusscoëfficienten m kann man gleich 0,68 annehmen, so dass

$$Q = 3{,}012\, a b \sqrt{h}$$

wird. Hieraus ergiebt sich

$$b = 0.33 \frac{Q}{a \sqrt{h}}$$

als Breite der Schleusenöffnung.

Der Werth von Q wird durch directe Messung bestimmt.

Die Schützen mit ihrer Aufzugvorrichtung. Die Schützen werden entweder aus Holz oder aus Eisenblech hergestellt. In der Regel werden die Schützen aus hölzernen Brettern oder Bohlen zusammengesetzt und zwar benutzt man, um sie möglichst leicht zu erhalten, weiches Holz, wenn die Einstellung mittelst einfacher Handgriffe erfolgt,

während Schützen mit mechanischer Aufzugvorrichtung vortheilhaft aus Eichenholz gefertigt werden.

Kleine Schützen (Stellfallen) aus weichem Holze in der Anordnung Fig. 87 werden aus Brettern oder Bohlen mit glatt gehobelten Kanten stumpf zusammengestossen und mit aufgenagelten Leisten verbunden. Häufig werden diese Leisten unmittelbar zu Handgriffen verlängert, wie dies Fig. 87 und 115 zeigen. Stärkere Schützen, namentlich solche aus eichenen Bohlen, werden mittelst Nuthen und Federn zusammengespundet und ausserdem mit übernagelten oder durch Schrauben befestigte Leisten zusammengehalten.

Die Holzstärke der Schützen richtet sich nach dem Wasserdrucke, welcher nach der höchsten zulässigen Stauhöhe und der Breite der Schützen zu bestimmen ist. Nachfolgende Tabelle*) giebt die Stärke der Schützen für Breiten von 1,5 bis 2,4 m und für die gleichen Stauhöhen*):

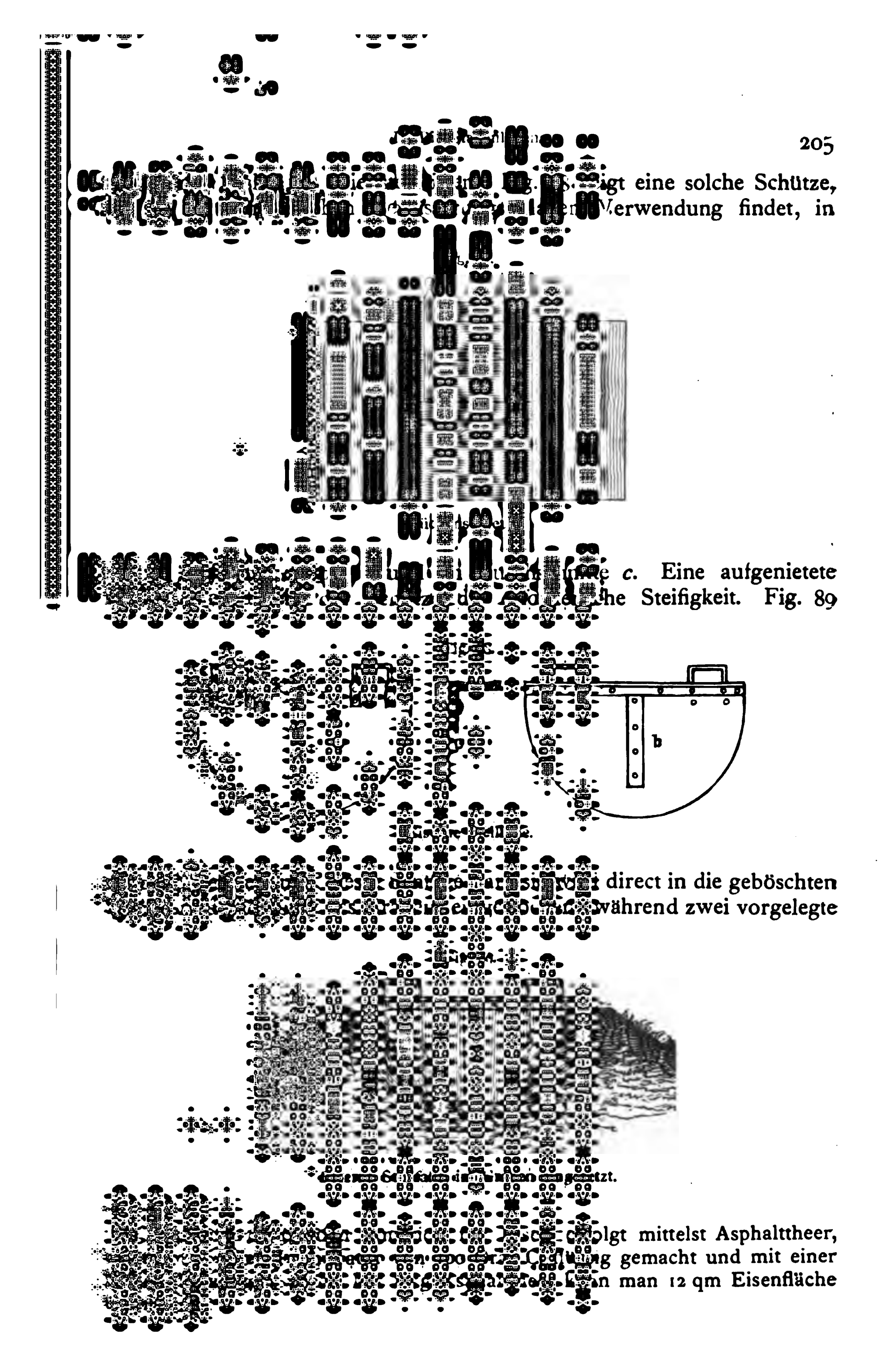
Tabelle über die Stärke der Schützen.

Breite der Schützen.	Stauhöhe bis zum oberen Rande der Schützen.	Holzstärke der Schützen	
		in Tannenholz.	in Eichenholz.
m	m	cm	cm
1,50	1,50	6,0	4,5
1,50	1,80	6,3	5,1
1,50	2,10	6,6	5,4
1,50	2,40	7,5	6,0
1,80	1,50	6,9	5,4
1,80	1,80	7,5	6,0
1,80	2,10	8,4	6,6
1,80	2,40	9,0	7,2
2,10	1,50	8,4	6,6
2,10	1,80	8,7	7,2
2,10	2,10	9,3	7,8
2,10	2,40	10,5	8,4
2,40	1,50	9,6	7,5
2,40	1,80	10,2	8,1
2,40	2,10	10,8	8,7
2,40	2,40	12,0	9,6

Eiserne Schützen werden verhältnissmässig selten in Anwendung gebracht, trotzdem dieselben bei hinlänglicher Stärke und dauerhaftem, alljährlich erneuertem Anstriche, welcher den Zweck hat, das Rosten zu

*) Nach den Angaben von C. Petermann in dem Werke: Beiträge zum Schleusen- und Brückenbau, Seite 27; Stuttgart 1875.

... zeigt eine solche Schütze,
... Verwendung findet, in



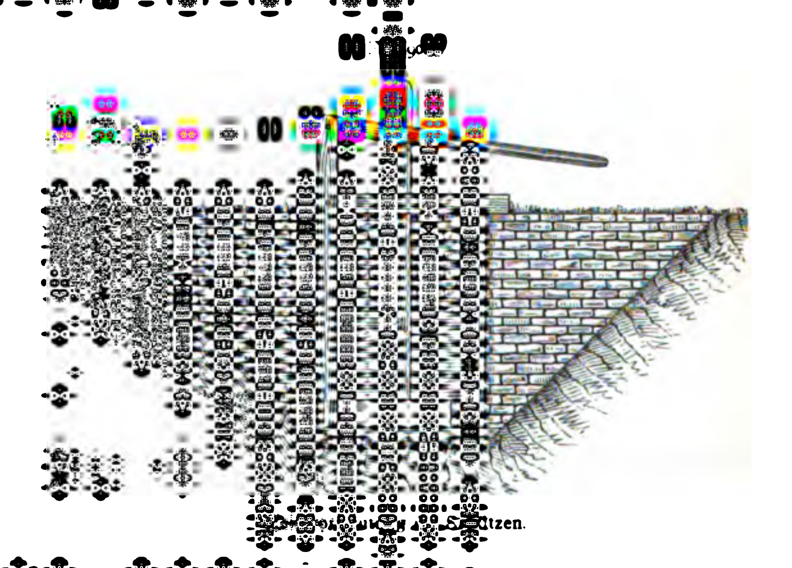
... c. Eine aufgenietete
... Steifigkeit. Fig. 89

... direct in die geböschten
... während zwei vorgelegte

... erfolgt mittelst Asphalttheer,
... g gemacht und mit einer
... n man 12 qm Eisenfläche

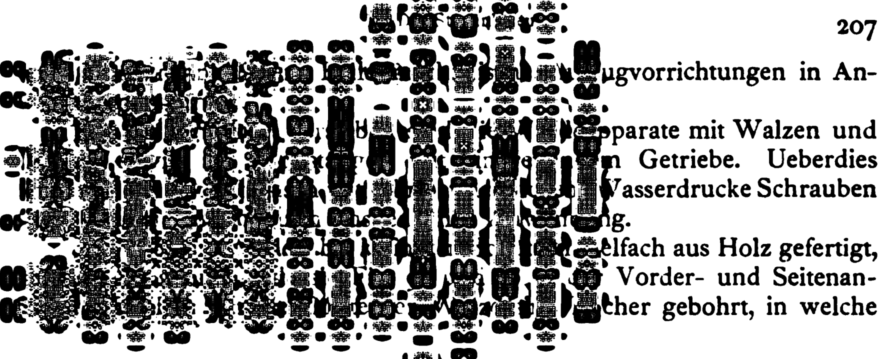
…Pfähle derselben einen Stütz-

…mmen in neuerer Zeit häufig
… durch aufgenietete Schienen
…Steifigkeit.
… sind bei den Schleusen für
… sehr einfacher Art. Da die
…lchen Factoren die Reibung
…, so reicht bei den kleineren
…sseren eine nicht zu compli-
… Constructionen sollen hier



…ützen.

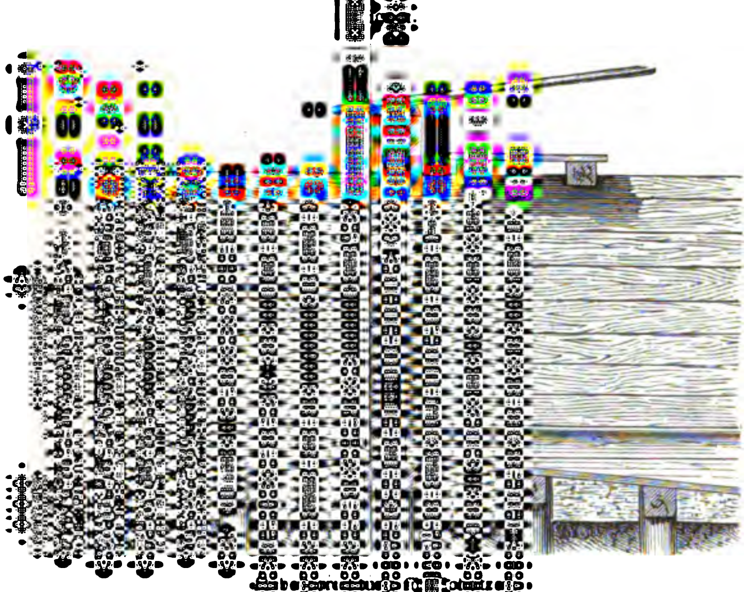
…utzugvorrichtung für kleinere
…nes einarmigen Hebels erfolgt.
…lst Zapfen in entsprechende
… Fig. 91 stellt eine häufig be-
…e Schützen, dar. In der Mitte
…ührte, mit leiterartigen Zapfen
…en können von einem gabel-
…e drehbar befestigt ist, unter-
…nheben der Schütze bewirkt
…die Schütze nicht herab, da
…ung erzeugt. Mittelst eines
…erhalten werden.
…e einfachen Hebel nicht mehr



…gvorrichtungen in An-

…parate mit Walzen und
…n Getriebe. Ueberdies
…Vasserdrucke Schrauben
…g.

…elfach aus Holz gefertigt,
… Vorder- und Seitenan-
…cher gebohrt, in welche

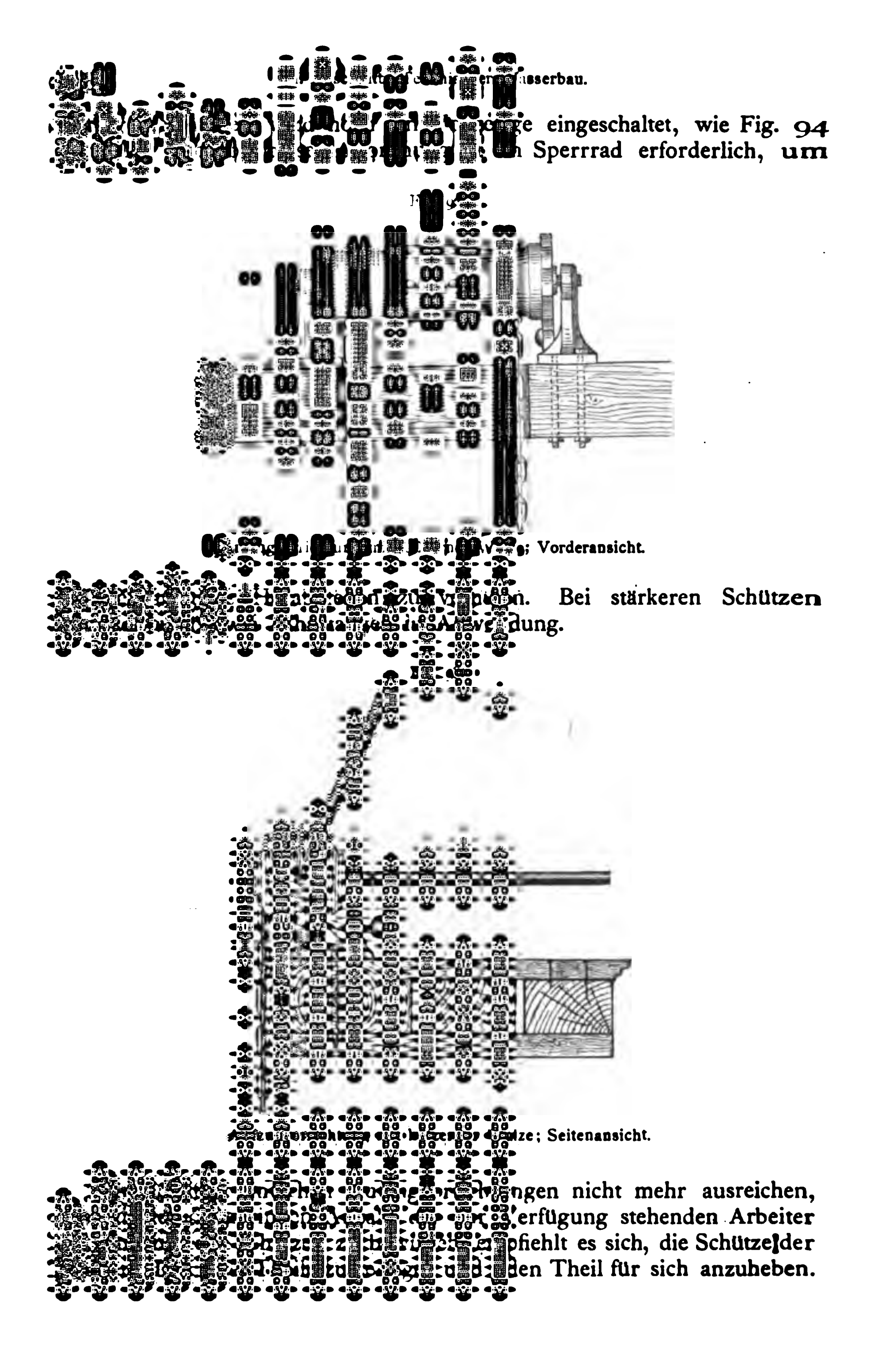


…An einem Ende befindet
…Herabsinken der Schütze
…ite, bei grösseren werden
…lzernen Walzen sind in
…he in den Lagerzapfen
…tholz gefertigten Walzen

…e Trommeln, deren Um-
…eben der Schütze erfolgt
… einer Zahnrad- bezw.

…vorrichtungen mit Zahn-
…ttelst einer Kurbel; bei

…e eingeschaltet, wie Fig. 94 … Sperrrad erforderlich, um

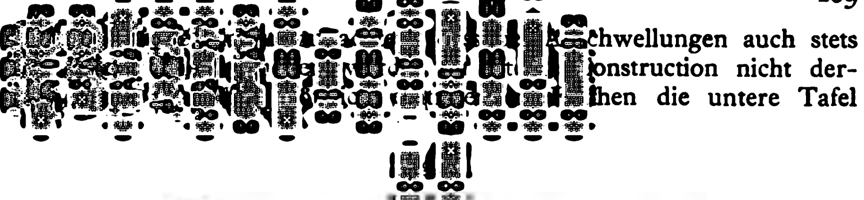


…; Vorderansicht.

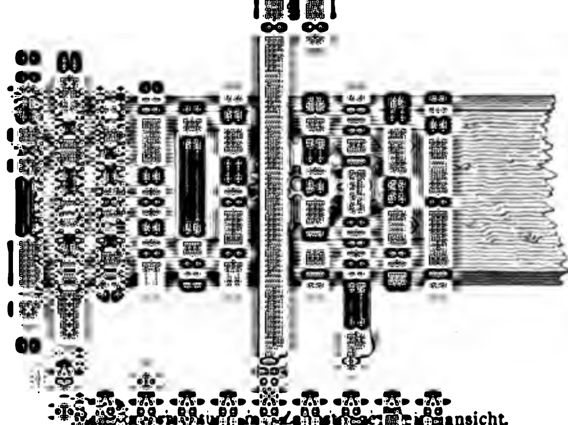
…n. Bei stärkeren Schützen …dung.

…tze; Seitenansicht.

…ngen nicht mehr ausreichen, …erfügung stehenden Arbeiter …pfiehlt es sich, die Schützelder …den Theil für sich anzuheben.

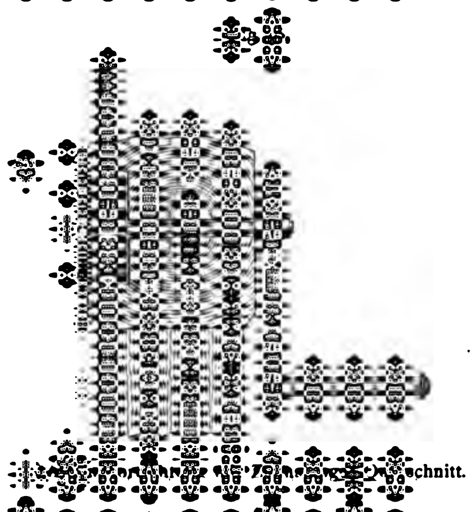


...chwellungen auch stets ...onstruction nicht der- ...hen die untere Tafel



...ansicht.

... dass die Fluthen über ...welches der Bach führt ...on der unteren Schütze



...chnitt.

... Hierdurch kann eine ...en, was zumeist ander- ...bringt.

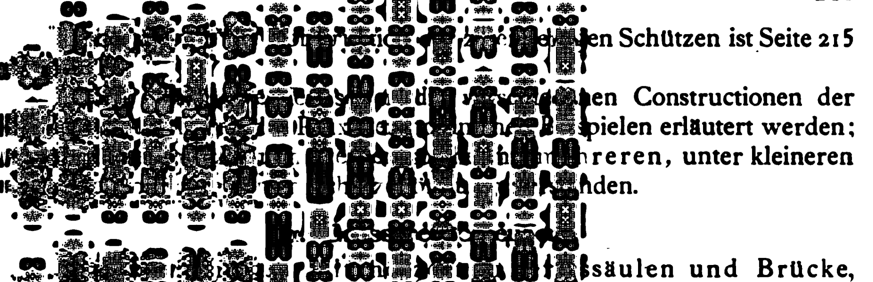
... einer zweitheiligen Schütze
... ist in zwei, durch kräftige
... heilt. Die Verbindung wird
... entfernt werden können, in
... getrennt erfolgt. Der obere

Fig. 97.

Schütze mit Hebewerk; Querschnitt.

... ngehoben. Zur Hebung des
... falls beide verbunden sind,
... einer Gabel mit einer Anzahl
... Niederbewegen des Hebels *m*
... Zapfen *n* jedesmal und ab-
... rück, wodurch allmählig ein
... d in gusseisernen Böcken *o*
... Schrauben befestigt sind.





… en Schützen ist Seite 215

… en Constructionen der … pielen erläutert werden; … reren, unter kleineren … nden.

… säulen und Brücke, … Bewässerungscanale der



… schnitt.

… Fig. 98 ist die Vorder- … 99 der Grundriss mit … u, Fig. 100 der Längen-



… 12,5 m. Dieselbe besitzt … vollständige Lichtweite

… eliorationen, insbesondere … nz Westfalen durch Ent-

… durch einen stehenden Rost
…ch die eine direct unter dem
…nd unterhalb an den Enden
…t ein Grundmauerwerk von
…beträchtlichen Wasserdrucke
… und Binnenwassers bei dem
…au die gehörige Stabilität zu
… sichern.

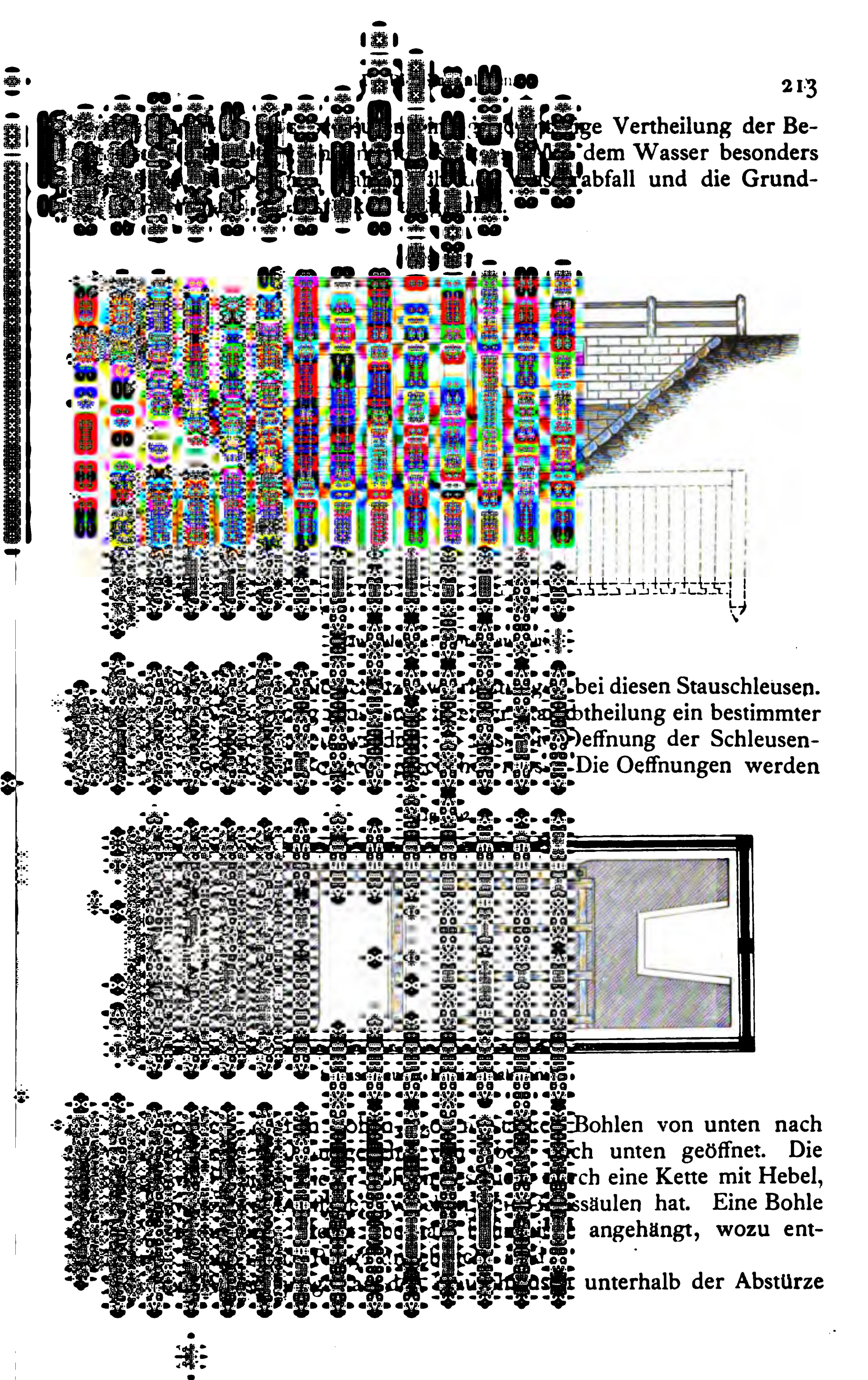
…en erfolgt mittelst je zweier
…u diesen befinden sich Hebel
… um ein Hinabgleiten der

…nitt.

…cke, Fig. 101 bis 103, im
…oker Heide ausgeführt. Die
…elchen das Wasser über einen
…zeigt die Ansicht vom Unter-
…n Horizontalschnitte, Fig. 103
…assers liegt 1,24 m tiefer als
… des Fluthheerdes soll einen
…en. Die Schleuse hat drei
…m Ganzen also 4,5 m Durch-
…falt hergestellt worden, um
…n Fluthheerd unschädlich zu
…edrigsten Stande des Grund-
… und unterhalb des anzule-
…ge Spundwände von Buchen-
…n wurde bis 1 m unter der
…nd mit grossen lagerhaften
…örtel ausgemauert. Wo der
…gte, ist eine aus doppelten
…nneren Raume zwischen den
… gemauert worden, weil die



ge Vertheilung der Be-
dem Wasser besonders
abfall und die Grund-

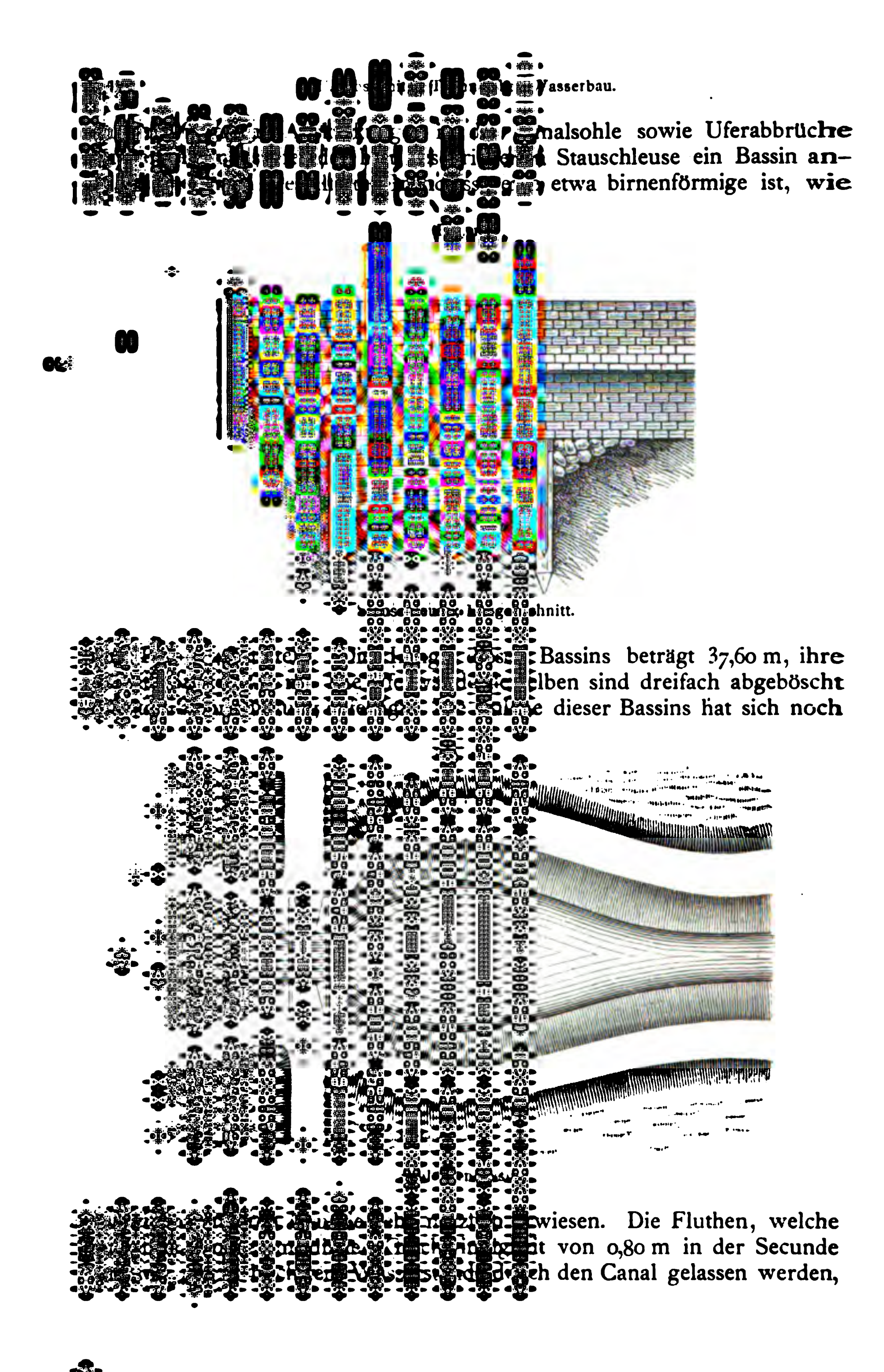


bei diesen Stauschleusen.
theilung ein bestimmter
effnung der Schleusen-
Die Oeffnungen werden

Bohlen von unten nach
ch unten geöffnet. Die
ch eine Kette mit Hebel,
säulen hat. Eine Bohle
angehängt, wozu ent-

unterhalb der Abstürze

… alsohle sowie Uferabbrüche … Stauschleuse ein Bassin an- … etwa birnenförmige ist, wie

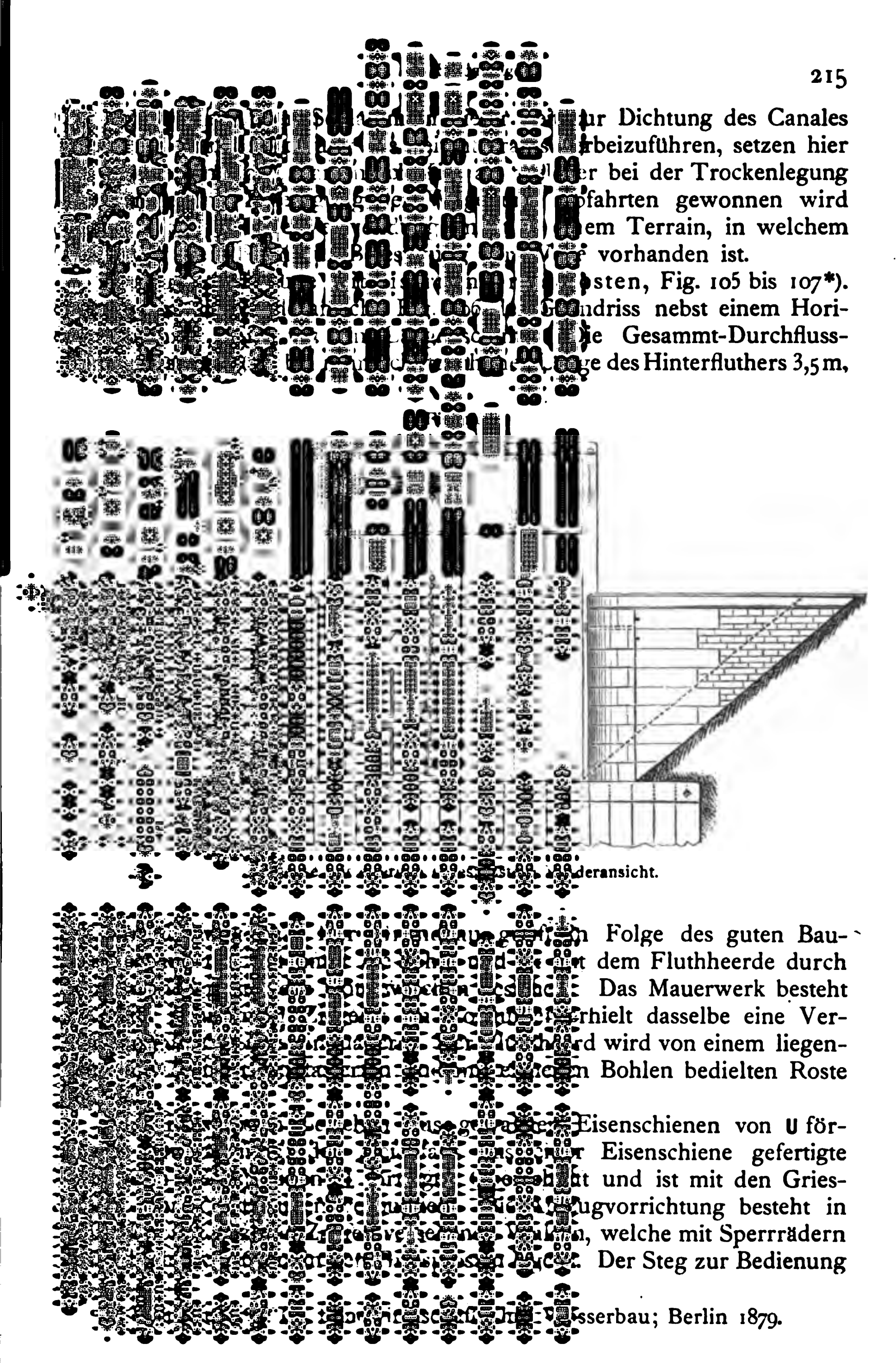


… hnitt.

… Bassins beträgt 37,60 m, ihre … lben sind dreifach abgeböscht … e dieser Bassins hat sich noch

… wiesen. Die Fluthen, welche … t von 0,80 m in der Secunde … h den Canal gelassen werden,

ur Dichtung des Canales
rbeizuführen, setzen hier
r bei der Trockenlegung
fahrten gewonnen wird
em Terrain, in welchem
vorhanden ist.
sten, Fig. 105 bis 107*).
ndriss nebst einem Hori-
e Gesammt-Durchfluss-
e des Hinterfluthers 3,5 m,



deransicht.

n Folge des guten Bau-
t dem Fluthheerde durch
Das Mauerwerk besteht
rhielt dasselbe eine Ver-
d wird von einem liegen-
n Bohlen bedielten Roste

Eisenschienen von U för-
r Eisenschiene gefertigte
t und ist mit den Gries-
ugvorrichtung besteht in
, welche mit Sperrrädern
Der Steg zur Bedienung

sserbau; Berlin 1879.

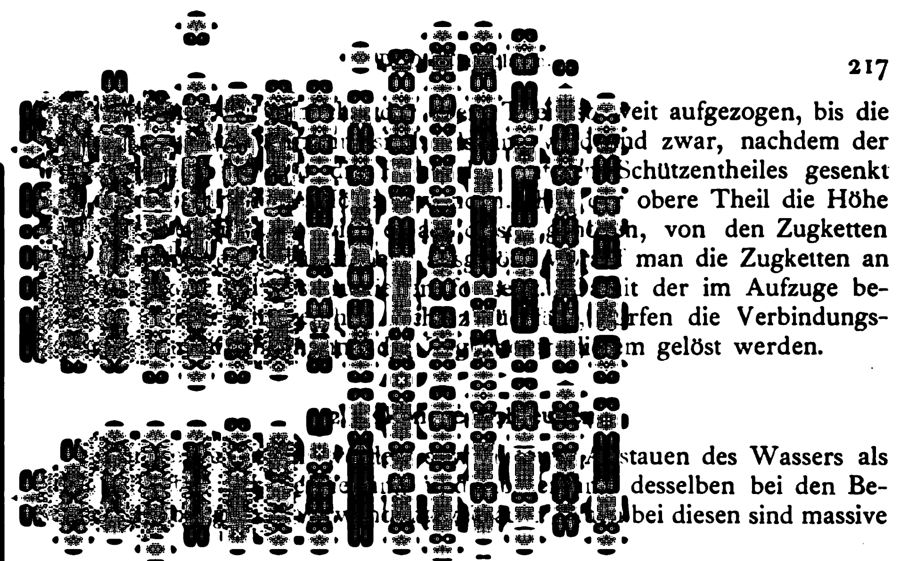
…rnen I Trägern unterstützt,
…n Trägern befindet sich eine
…

… mit Horizontalschnitt.

…ängenschnitt.

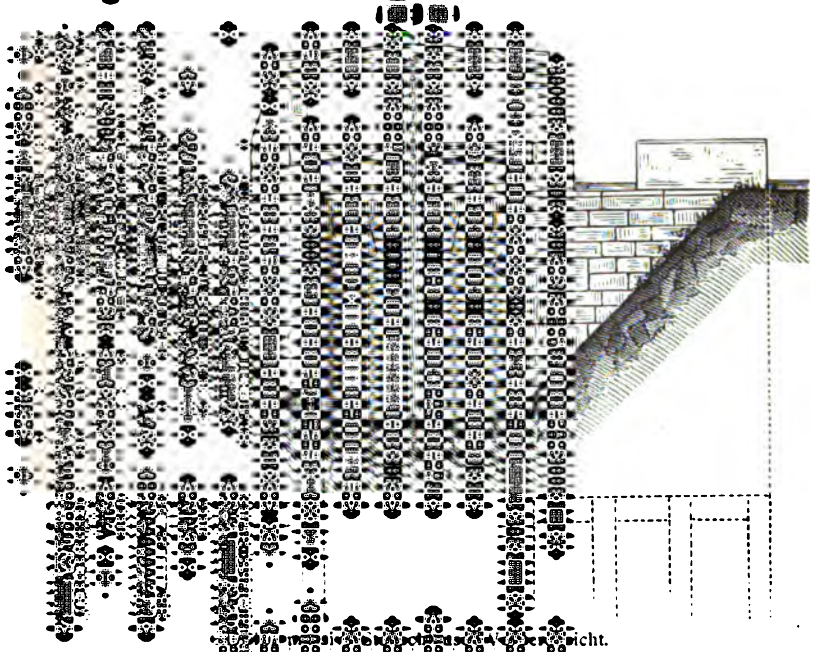
…erleichtern, aus zwei Theilen
…unden sind. Beim Oeffnen





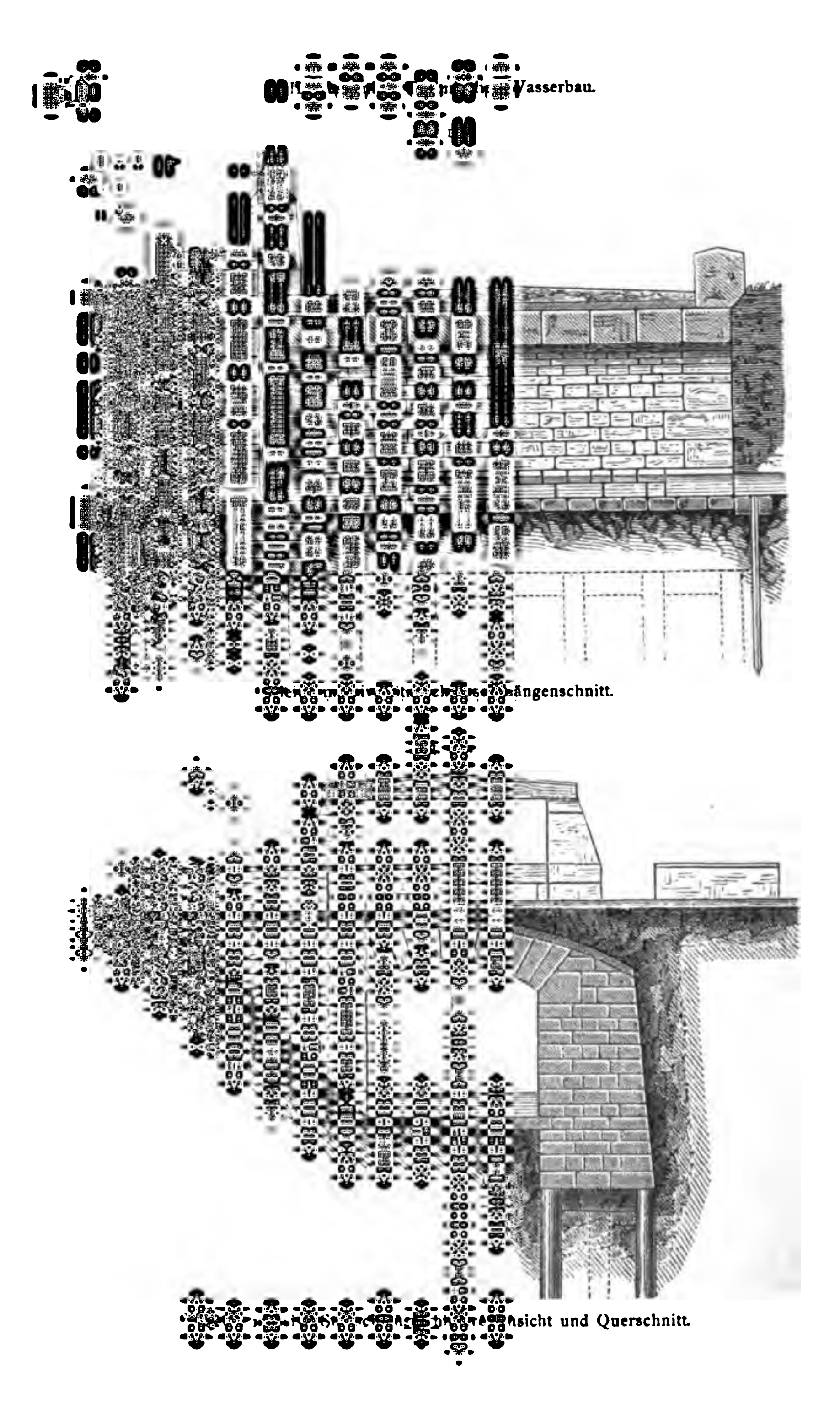
eit aufgezogen, bis die
nd zwar, nachdem der
Schützentheiles gesenkt
obere Theil die Höhe
n, von den Zugketten
man die Zugketten an
it der im Aufzuge be-
rfen die Verbindungs-
m gelöst werden.

stauen des Wassers als
desselben bei den Be-
bei diesen sind massive



…icht.

zu unterscheiden. Die
Trockenheit ausgesetzt
so dass die Erneuerung
nicht unwichtige Rolle
hten Holzconstructionen
cherung gegen Unter-



… ängenschnitt.

… nsicht und Querschnitt.

[illegible] Grunde ihre Dauer eine
[illegible] resultirt ein undichter
[illegible] verschwendung eintritt,
[illegible] ich gemacht wird. Die
[illegible] det somit in den Zeiten,
[illegible] ehr eine Entwässerung
[illegible]

[illegible] onderen Werth auf die
[illegible] n, was namentlich zu
[illegible] die Holzconstruction ge-
[illegible]

[illegible] t einer Schütze soll in
[illegible] rt werden.

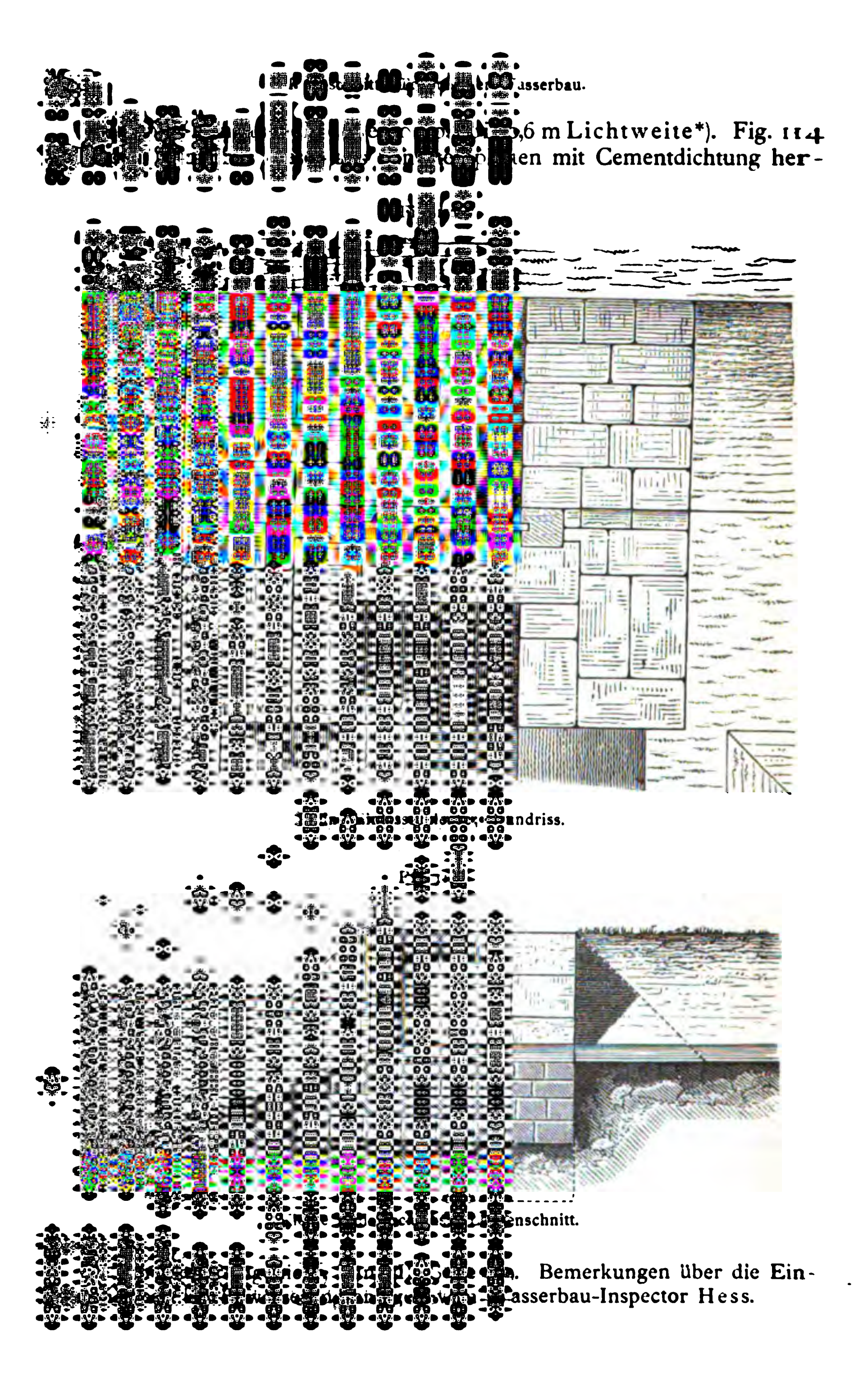


[illegible] cht.

[illegible] n 1,5 m Lichtweite,
[illegible], Fig. 109 ein Längen-
[illegible] nem Querschnitte. Das
[illegible] dwände sichern dasselbe
[illegible] bt und bildet die Wöl-
[illegible] aus hölzernen Bohlen
[illegible]

[illegible] weite, Fig. 111 bis 113.
[illegible] undriss und Fig. 113 ein
[illegible] ng eines Vertheilgrabens
[illegible] Zuleitungsgraben gespeist
[illegible] erfolgt mittelst zweier
[illegible] Haupt-Zuleitungsgrabens
[illegible] ns, so ist der Grundbau
[illegible] und mit dichter Erde,
[illegible] tet.

,6 m Lichtweite*). Fig. 114
en mit Cementdichtung her-



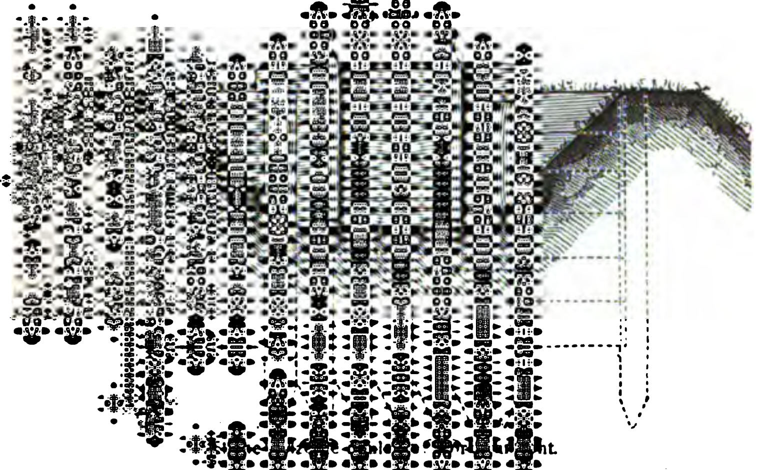
ndriss.

nschnitt.

Bemerkungen über die Ein-
asserbau-Inspector Hess.

… sen sind mehrfach bei
… usgeführt worden und

… dität als auch des ver-
… theilhaft erwiesen. Die



… nden Wassers) beträgt
… Verbindung der Kern-

…ung und werden sämmtliche
… gedichtet. Der Preis dieser
…lle ausschliesslich der Schütze
…0,62 m Lichtweite
…30 M.

…undriss.

…genschnitt.

…Lichtweite Fig. 115 bis 117.
…ig. 117 Längenschnitt. Durch
…ingeschobene Bohlen werden

2 Spundwände gebildet, während zwischen den beiden inneren Pfählen der Fachbaum eingezapft ist. Die äusseren Pfähle schneiden mit der Böschung des Grabens ab, so dass die Spundwand hinlänglich weit in das Erdreich eingreift. Das Abdichten derselben erfolgt zumeist mittelst Thon oder Lehm, welcher fest eingestampft wird; bei kleineren Schleusen kann dasselbe auch durch Rasen bewerkstelligt werden.

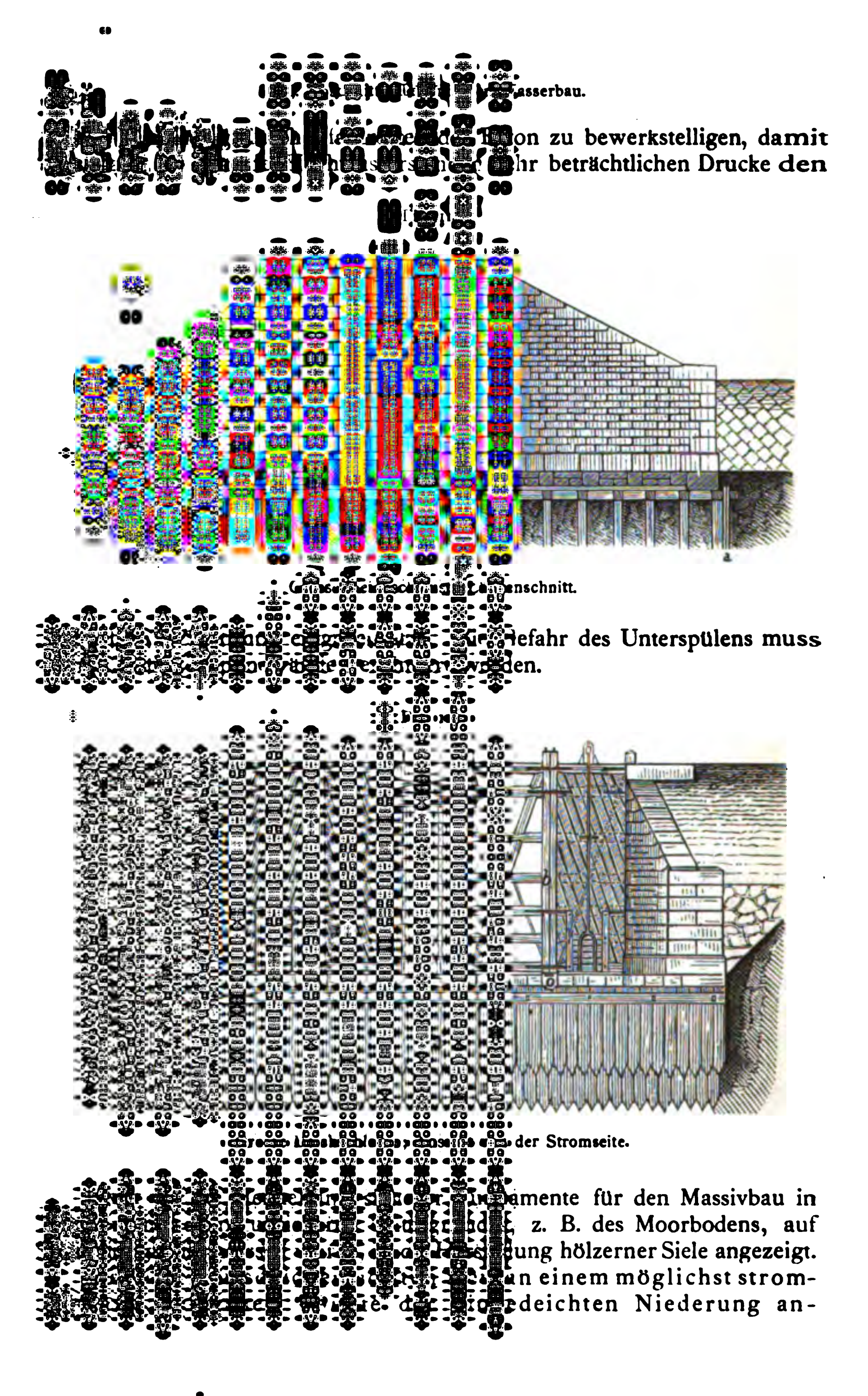
3. Die Siele (Deichschleusen).

Unter einem Siel, einer Damm- oder Deichschleuse, versteht man einen, quer durch einen Deich geführten, verschliessbaren Canal, dessen Aufgabe darin besteht, das in dem eingedeichten Lande gesammelte Wasser, das Binnenwasser, in den Fluss zu führen, die Hochwasserfluthen aber von dem Binnenlande abzuhalten. Zu letzterem Zwecke muss der Durchlass stets mit einer Schleuse versehen sein, welche geschlossen wird, sobald das Aussenwasser im Flusse eine derartige Höhe erreicht, dass es in den Entwässerungsgraben, welcher das Binnenwasser ansammelt, treten würde. Die Siele haben auch zuweilen die Aufgabe, das Wasser aus dem Flusse zum Zwecke der Bewässerung durch den Deich zu führen oder das Binnenwasser zu gleichem Zwecke zu stauen, so dass es in die Bewässerungsgräben abgeleitet werden kann.

Man unterscheidet Siele mit selbstthätiger Schliessvorrichtung (Siele im engeren Sinne), bei welchen der Schluss erfolgt, sobald das Hochwasser eine derartige Höhe erreicht hat, dass es in das Binnenland treten würde, und solche, bei welchen der Abschluss durch eine der gewöhnlichen Sperrvorrichtungen bewirkt wird, wie solche bereits dargestellt wurden (Deich- oder Dammschleusen im engeren Sinne). Die ersteren finden vornehmlich in dem Falle Anwendung, dass der Wasserstand, welcher ein Schliessen der Sielöffnung bedingt, innerhalb kurzer Zeiträume mit einer gewissen Regelmässigkeit eintritt, also namentlich bei Seedeichen, falls der Ausserwasserstand durch Ebbe und Fluth modificirt wird und das eingedeichte Land, die Marsch, gegen das Fluthwasser zu schützen ist; ferner bei Flussdeichen an den Ausmündungen, falls der Wasserstand ebenfalls durch Ebbe und Fluth beeinflusst wird. Die Hochwasserstände der Flüsse im Binnenlande treten dagegen selten so plötzlich und namentlich nicht so häufig ein, dass derartige selbstthätige Sperrvorrichtungen im Allgemeinen nothwendig wären. Hier finden dieselben daher nur ausnahmsweise Verwendung, während sie bei den Seedeichen, welche unter der Einwirkung der Fluth stehen, in den meisten Fällen angewendet werden.

Wir haben uns hier hauptsächlich mit derjenigen Gruppe von Deichschleusen zu beschäftigen, welche wie die gewöhnlichen Schleusen zu angemessener Zeit gesperrt werden. Bei der grossen Bedeutung dieser Bauwerke für die Sicherheit des Deiches ist es in den meisten Fällen gerathen, dieselben massiv auszuführen und namentlich eine sehr sorg-

…on zu bewerkstelligen, damit
…hr beträchtlichen Drucke den

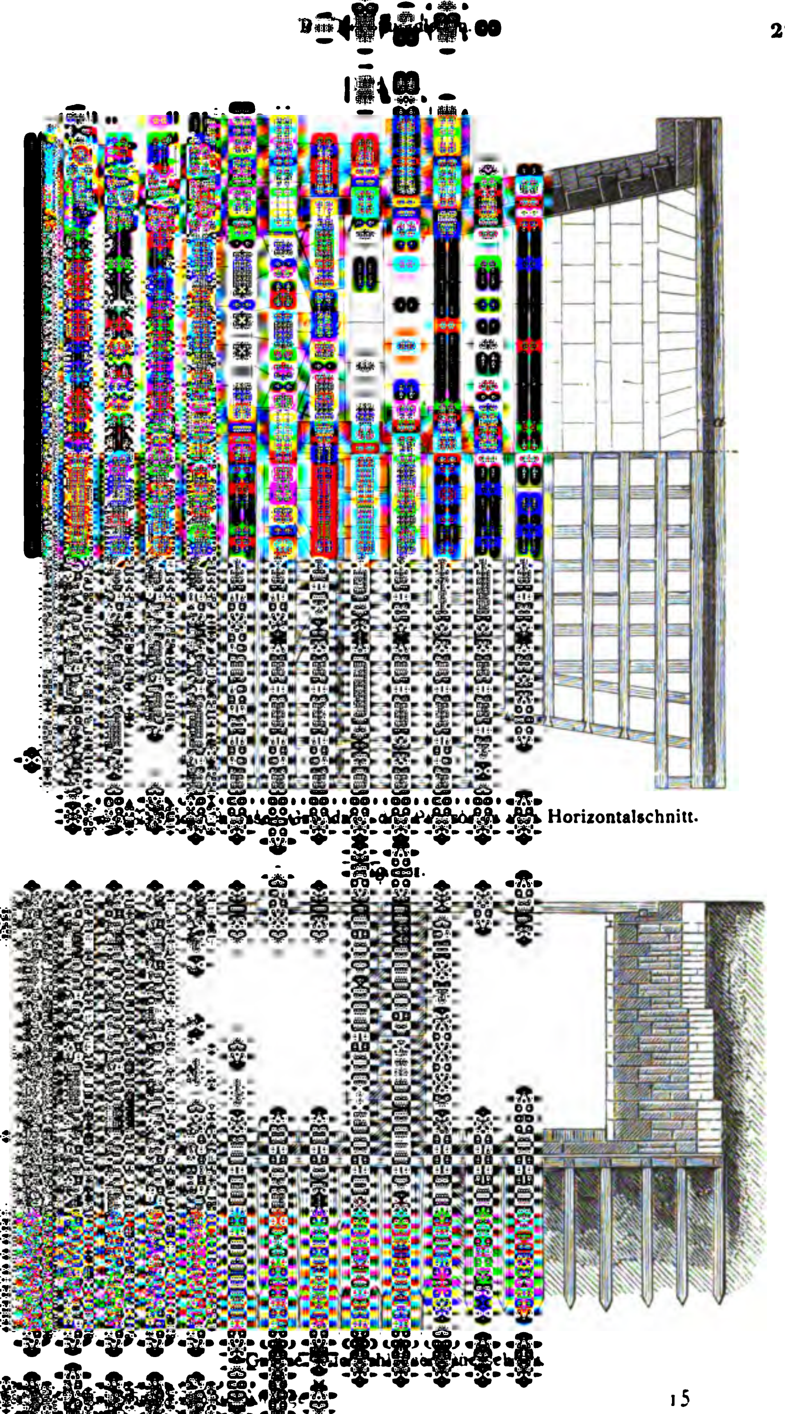


…nschnitt.

…efahr des Unterspülens muss
…den.

…der Stromseite.

…amente für den Massivbau in
…, z. B. des Moorbodens, auf
…ung hölzerner Siele angezeigt.
…n einem möglichst strom-
…deichten Niederung an-



[illegible] Horizontalschnitt.

[illegible]

gelegt werden, um eine möglichst günstige Vorfluth zu erzielen und diese auch zu erhalten, wenn sich die Vorfluthverhältnisse des Binnenlandes im Laufe der Zeit verschlechtern sollten. (Vergl. Seite 182). Die Bauausführung richtet sich nach der Durchgangsweite des Sielcanales und dem Wasserdrucke; an einigen Beispielen soll die zumeist getroffene Anordnung dargelegt werden.

Offene zweiläufige Deichschleuse, Fig. 118 bis 121,*) am Rheindeiche bei Sondernheim in der Pfalz, mit 2 Durchgangsöffnungen von je 5 m Lichtweite. Fig. 118 Längenschnitt durch die Achse eines der beiden Sielcanäle, Fig. 119 Ansicht von der Stromseite, Fig. 120 Horizontalschnitt, theils durch das Mauerwerk, theils über dem Roste, Fig. 121 Querdurchschnitt des Bauwerkes. Dasselbe ist ein offenes Siel, im Gegensatze zu den weiter unten darzustellenden bedeckten Sielen, welche im Allgemeinen vorzuziehen sind, da sie den Deich nicht unterbrechen. Erstere finden Anwendung, wenn in Folge der Höhenlage des Sieles die Deichkrone zu schwach würde, um gegen Wellenschlag gesichert zu sein.

Besonderer Werth musste bei der vorliegenden Construction auf eine durchaus sichere Fundirung gelegt werden. Drei Spundwände *a a a* aus doppelten Bohlen von 0,10 m Stärke sichern den Grundbau gegen Unterspülung. Die Anordnung des Pfahlrostes ist aus dem Grundrisse Fig. 120 deutlich ersichtlich. Die beiden Canäle, der Hauptcanal im Binnenlande, in welchem sich alles abzuführende Wasser vereinigt, und der Aussencanal, welcher die Verbindung mit dem Flusse herstellt, sind mit einem Böschungspflaster versehen, um ein Einsickern des Wassers zu verhüten. Die Widerlager sind mit Quadern verkleidet und mit Cement gefugt; die Stärke der beiden äusseren Widerlager beträgt am Fusse 3,10 m, die des mittleren Theilungspfeilers 2,60 m, die Wandstärke der Flügel 1,30 m.

Die Schliessvorrichtung besteht aus den Thoren *b b*, welche sich stumpf gegen einander stemmen und ähnlich wie die Thore der Kammerschleusen construirt sind. Sie lehnen sich unten an die Schlagschwellen *c* und oben gegen die Holme *d*, welche auf den Widerlagern mit hinreichend langen Auflagern aufruhen. Die beiden Thorflügel stossen bei *e* stumpf an einander und geben hier sowie an den aus Eichenholz gefertigten Wendesäulen *f* und ebenso an der Schlagwelle einen wasserdichten Schluss. Um den Thorflügeln bei der Drehung eine sichere Unterstützung zu geben und einen einseitigen Druck von den Drehzapfen abzuhalten, laufen dieselben auf kleinen eisernen Rollen *g g*. In je einem der Flügel befindet sich eine Schütze von 0,75 qm Lichtöffnung zur Ablassung kleinerer Wassermengen, welche sich in dem Entwässerungscanale ansammeln. Wenn die Schleusenthore geöffnet sind, legen sie sich in

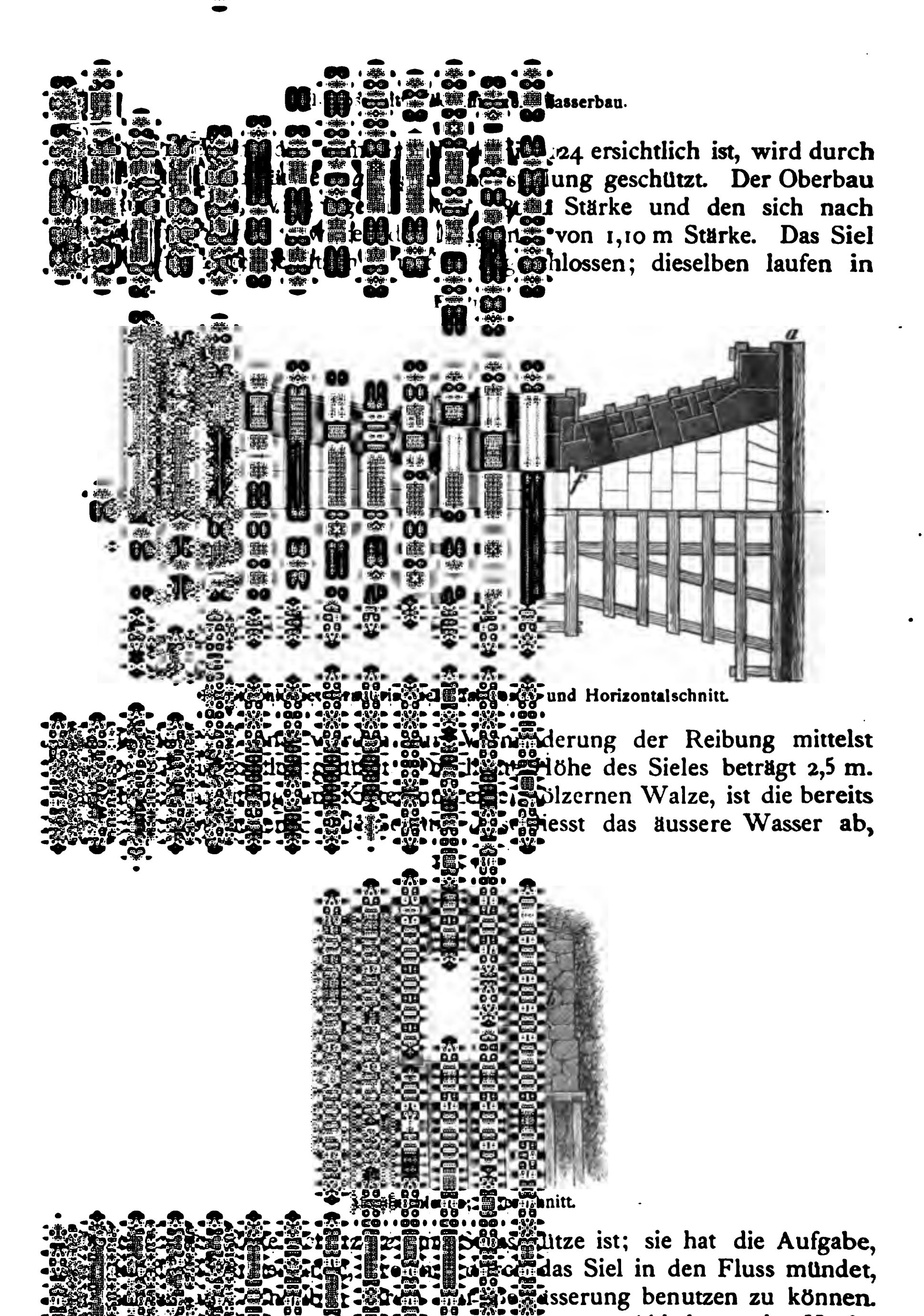
*) Eine genaue Zeichnung dieser Deichschleuse mit den Details der Schliessvorrichtung befindet sich in den Vorlegeblättern zur Wasserbaukunde von Bauernfeind, Taf. 17 und 18; München 1866.

[illegible] Lichtweite des Sieles
[illegible] enden Wassers keine

[illegible] zum Einlegen eines
[illegible]

[illegible] weite, Fig. 122 bis 125.
[illegible] Deichschleuse, Fig. 123
[illegible] durch die Seitenwangen,
[illegible] Querschnitt durch die
[illegible] m Pfahlroste bestehend,

24 ersichtlich ist, wird durch
ung geschützt. Der Oberbau
Stärke und den sich nach
von 1,10 m Stärke. Das Siel
hlossen; dieselben laufen in



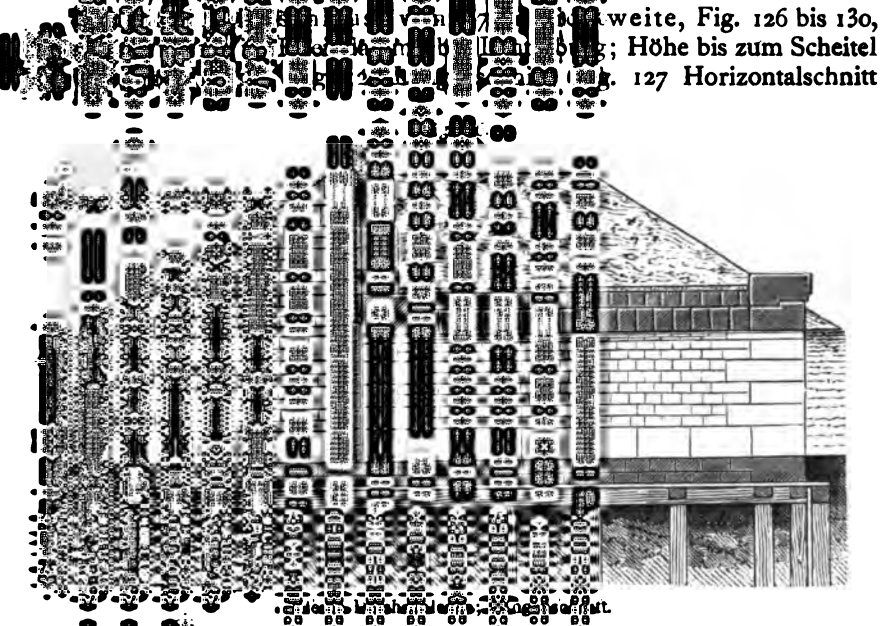
und Horizontalschnitt.

derung der Reibung mittelst
Höhe des Sieles beträgt 2,5 m.
hölzernen Walze, ist die bereits
iesst das äussere Wasser ab,

nitt.

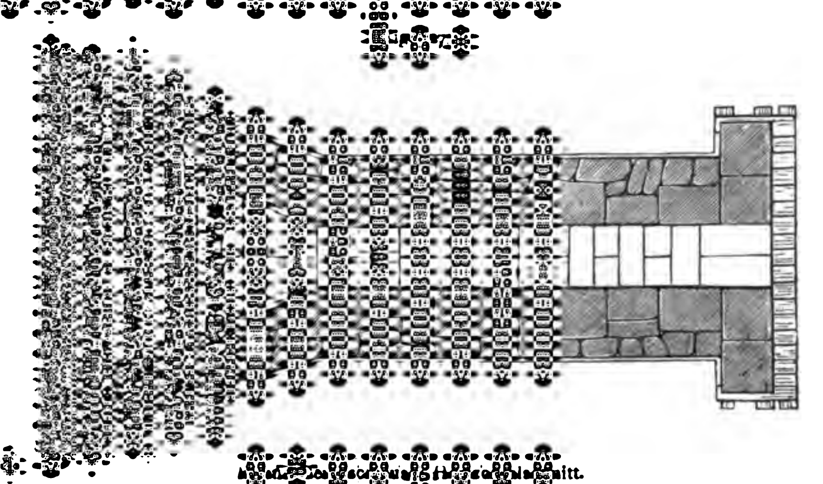
ütze ist; sie hat die Aufgabe,
das Siel in den Fluss mündet,
sserung benutzen zu können.
g, zur Abhaltung der Hoch-
lande und zum Anstauen des
ng.

[illegible] weite, Fig. 126 bis 130, [illegible]; Höhe bis zum Scheitel [illegible] 127 Horizontalschnitt [illegible]



[illegible]

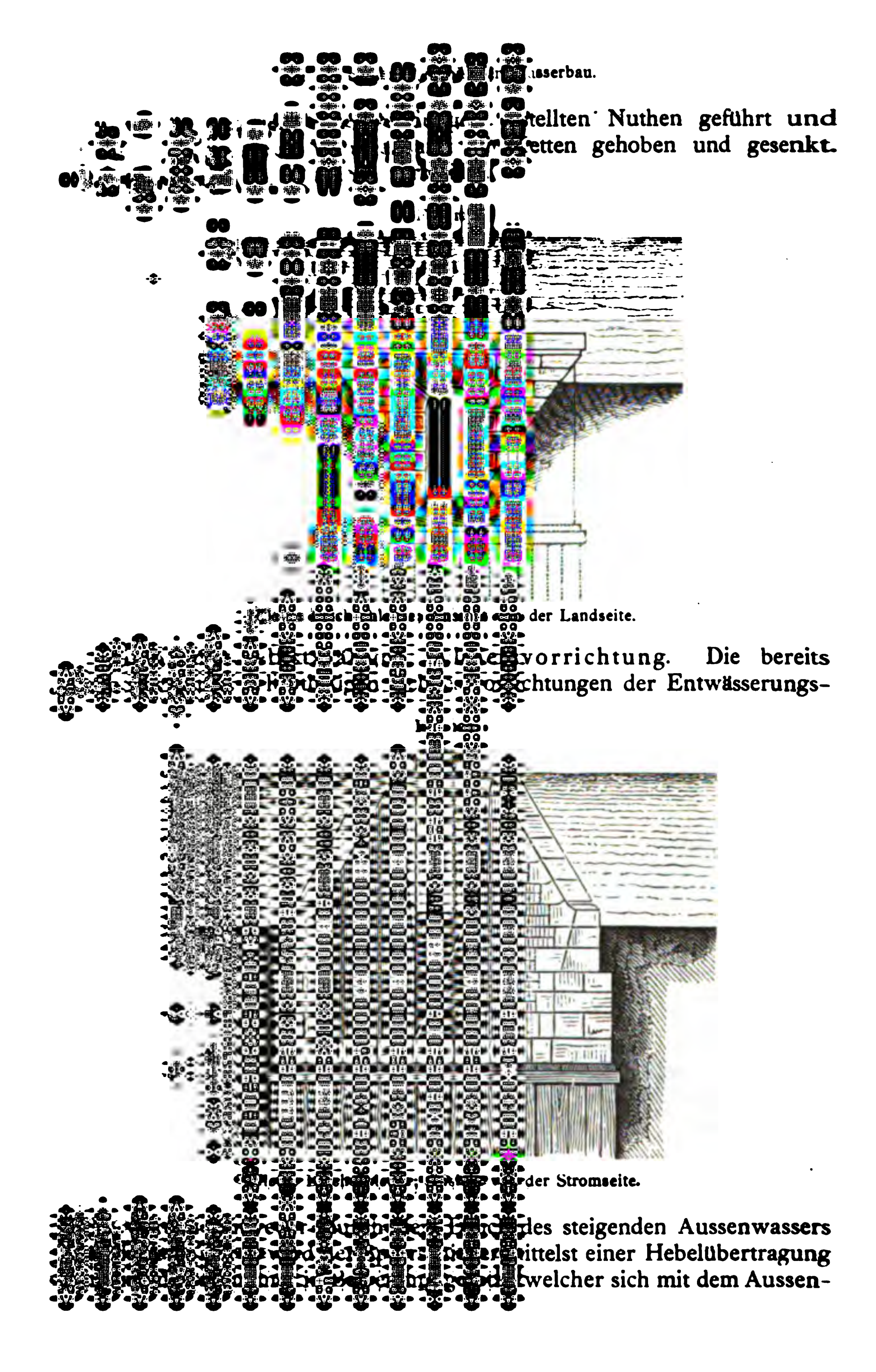
[illegible] der Landseite, Fig. 129 [illegible] schnitt. Der Grundbau [illegible] nden gebildet. Die den [illegible]



[illegible]

[illegible] an der Stromseite; die- [illegible] m. Die Stärke derselben [illegible] ager 1,1 m. Die Schütze

…tellten Nuthen geführt und …etten gehoben und gesenkt.



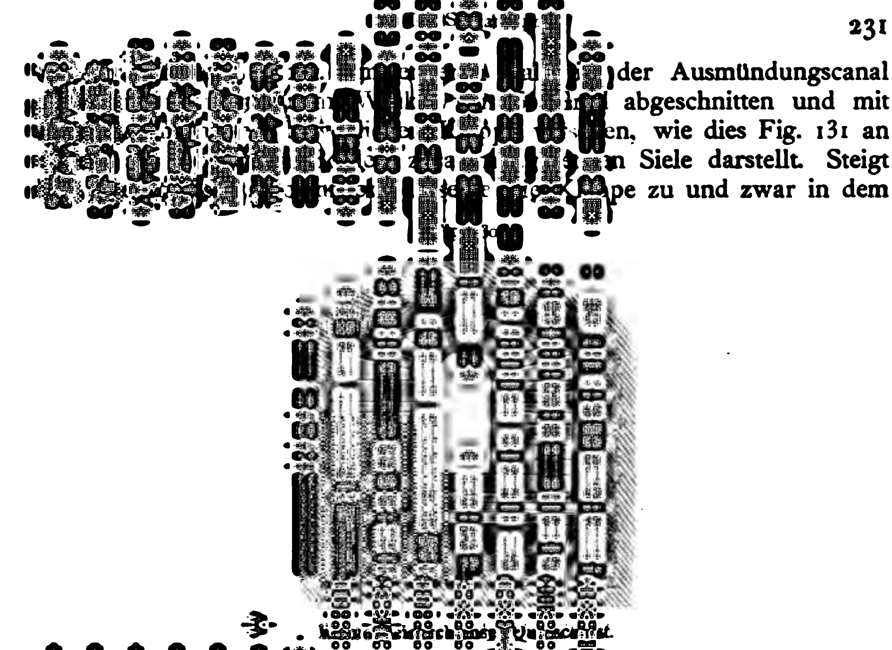
… der Landseite.

…vorrichtung. Die bereits …chtungen der Entwässerungs-

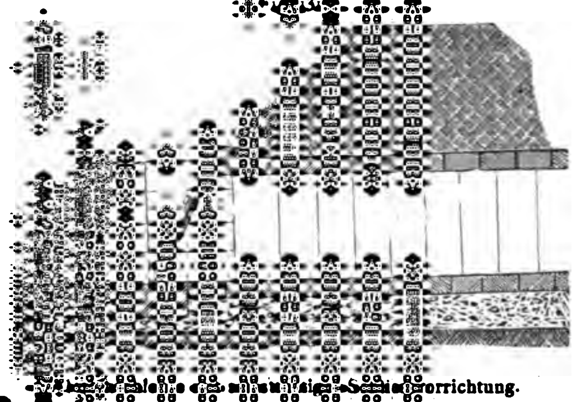
… der Stromseite.

…des steigenden Aussenwassers …ittelst einer Hebelübertragung …welcher sich mit dem Aussen-

der Ausmündungscanal
abgeschnitten und mit
en, wie dies Fig. 131 an
n Siele darstellt. Steigt
pe zu und zwar in dem



astet kein äusserer Druck
tgegengesetzt wirkenden
es abfliessen kann. Die



orrichtung.

nicht so zuverlässig wie
ch mancherlei Einflüsse,
ordnung gerathen kann,

Veisbach's Lehrbuch der
heil II, Seite 378.

4. Die Kastenschleusen und Dohlen.

Kastenschleusen und Dohlen sind Siele der kleinsten Gattung, welche die Aufgabe haben, das Wasser durch Dämme zu leiten. Aus Holz gefertigt, heissen sie Kastenschleusen; aus Steinplatten, Mauerwerk, Cementröhren hergestellt, führen sie den Namen Dohlen und je nach dem speciellen Zwecke Einlassdohlen oder Auslassdohlen.*)

Die Kastenschleusen bis zu 0,35 qm Querschnitt werden aus Bohlen von etwa 5 cm Stärke zusammengefügt. Der Boden und die Seitenwände bestehen aus Längsbohlen; die Decke wird aus kurzen, gut zusammengepassten Bohlenstücken hergestellt, welche mit den Seitenwänden sorgfältig vernagelt werden. Die untere Bohle, welche den Boden der Kastenschleuse bildet, steht um ein Geringes gegen die Seitenwangen und die Decke vor und dient als Auflager für die Schütze, falls der Durchlass geschlossen ist. An den Seitenwangen sind Falze angebracht, in welchen die Schütze geführt wird. Die Regulirung der Stellung erfolgt entweder mittelst eines einfachen Handgriffes oder durch eine Aufzugvorrichtung mit einarmigem Hebel in der Anordnung Fig. 90 (Seite 206).

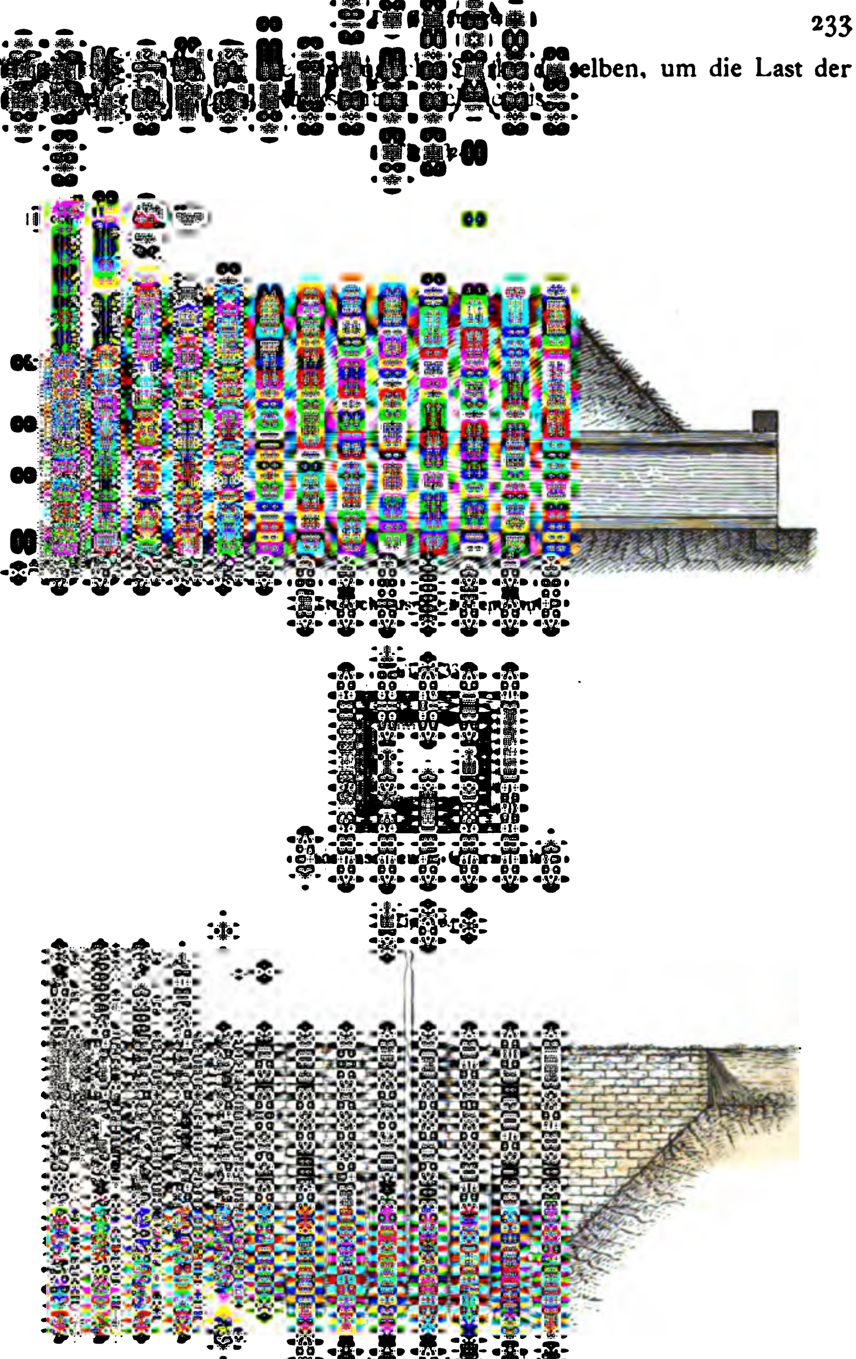
Grössere Kastenschleusen müssen eine widerstandsfähigere Construction als eben angegeben erhalten. Es steht bei diesen zu befürchten, dass sie sowohl durch den seitlichen als auch den von oben wirkenden Erddruck beschädigt werden können und müssen sie desshalb in angemessener Weise verstärkt sein. Fig. 132 bis 134 zeigen eine Kastenschleuse von 1 m Breite und 0,75 m Höhe. An den Enden und dazwischen sind kräftige Zangen aus Kreuzholz angebracht, welche den Kasten vollständig einschliessen und gegen das Zusammendrücken sichern. Fig. 132 ist ein Längendurchschnitt, Fig. 133 ein Querschnitt und Fig. 134 die vordere Ansicht. Die einzelnen Theile der Construction bedürfen keiner weiteren Erläuterung.

Bei der Anlage der Kastenschleusen muss mit besonderer Sorgfalt ein dichter Anschluss der Wandungen an das umgebende Erdreich hergestellt werden, damit keine Unterspülung derselben stattfinden kann. Der Boden, auf welchem die Sohle des Kastens aufgelagert wird, muss vollkommen geebnet sein; erforderlichen Falls giebt man ihm zunächst eine Schicht möglichst undurchlassenden Erdreiches, am besten Letten und setzt auf dieser, nachdem das Material durchnässt wurde, den Kasten auf. Die Seitenwandungen werden ebenfalls mit Thon gedichtet und belegt man die Böschung des Dammes an beiden Enden mit Rasen; die Oberfläche wird mit guter Erde beschüttet und auch diese mit Rasen bekleidet. Häufig wird der Kasten gleichzeitig als Brücke zur Heuabfuhr

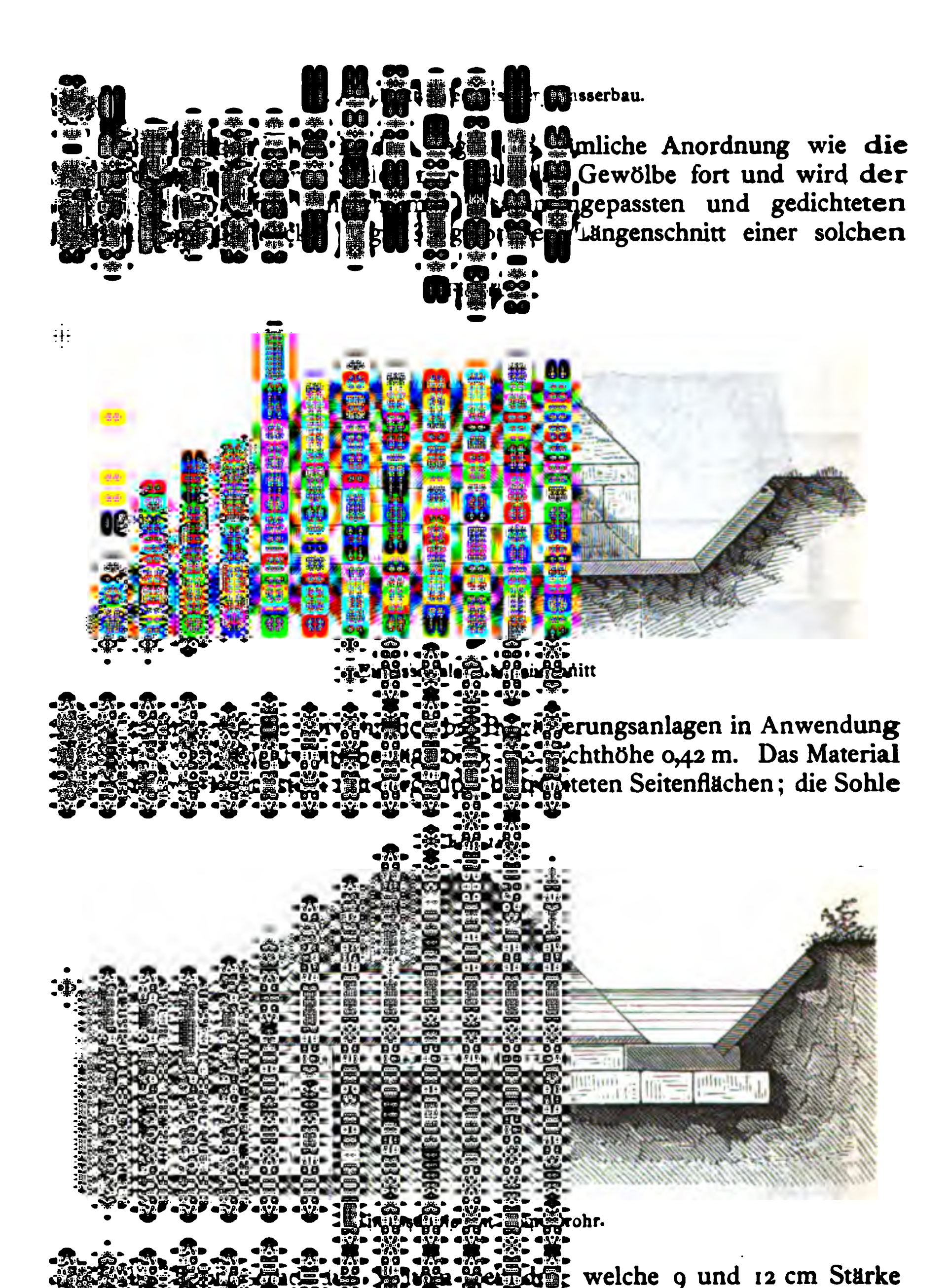
---

*) Sickerdohlen sind unterirdische Canäle aus Steinmaterial ohne Sperrvorrichtung, welche, ähnlich wie die Drainröhren, zur Entwässerung des Bodens dienen.

...selben, um die Last der



mliche Anordnung wie die
Gewölbe fort und wird der
gepassten und gedichteten
Längenschnitt einer solchen



hnitt

rungsanlagen in Anwendung
chthöhe 0,42 m. Das Material
teten Seitenflächen; die Sohle

rohr.

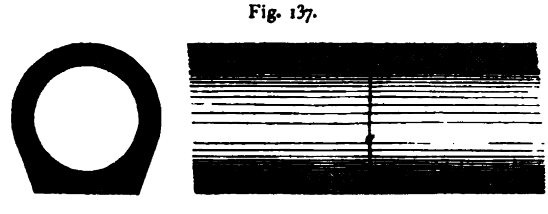
welche 9 und 12 cm Stärke
nernen Pfosten geführt. Die
der Stelle, wo die Dohle in

eichnung von noch anderen, gut

denselben einmündet, ebenfalls mit einer Steinplatte geschützt. Unter derselben ist eine Spundwand von 3 cm Stärke angebracht, um eine Unterspülung des Bauwerkes zu verhindern.

Für kleinere Dohlen empfiehlt sich die Verwendung von Cementröhren, namentlich in Gegenden, in welchen keine Steinbrüche vorhanden sind. Fig. 136 zeigt eine solche Dohle aus einem Cementrohre von 0,30 m Durchmesser, ebenfalls nach Petermann'scher Construction. Das Rohr besitzt eine Wandstärke von 5 cm; dasselbe ist auf der Seite des Aussenwassers in einer rechteckigen Platte eingesetzt und mit Cement gedichtet. Diese letztere ist wiederum in einer Grundplatte eingelassen, welche auf dem gemauerten Fundamente ruht. Vor demselben befindet sich eine Spundwand. Das Cementrohr ist mit Steinen unterlegt, damit es sich nicht senken kann; bei weichem Boden muss das Rohr mit hydraulischem Kalk untermauert werden. Die Schütze, welche in der Zeichnung nicht

Fig. 137.



Quer- und Längenschnitt eines Cementrohres.

dargestellt ist, ist in der Böschungsplatte eingelassen und wird durch eiserne Klammern, welche in derselben mittelst Bleiverguss befestigt sind, am Abheben gehindert.

Die Form der Cementröhren ist in der Regel die in Fig. 137 dargestellte, bei welcher die Röhren sogleich ein sicheres Auflager erhalten; die Verbindung zweier Röhrenstücke erfolgt durch den in dem Längenschnitte angegebenen Stossverband und werden die Fugen mit Cementbrei gedichtet. Die Länge der Röhren beträgt gewöhnlich 1,50 bis 3 m, ihre Lichtweite 0,10 bis 0,50 m.

In gleicher Weise benutzt man auch thönerne und Asphaltröhren zu unterirdischen Sielleitungen. Die Disposition der Sperrschleuse ist hierbei die nämliche wie in Fig. 136 dargestellt. Die Asphaltröhren werden durch übergeschobene Muffen gedichtet, deren Zwischenraum mit heissem Asphaltmastix verstrichen wird, Thonröhren mit gewöhnlichen Ansatzmuffen und Cementverguss. Ebenso wendet man in neuerer Zeit vielfach eiserne Röhren zu dem in Rede stehenden Zwecke an, wobei ebenfalls die gleiche Gesammtdisposition gewählt wird wie in Fig. 136. Die Wandstärke der Röhren braucht nur gering zu sein, da dieselben niemals einen starken Wasserdruck auszuhalten haben.

Die Leitungsfähigkeit der Röhren bestimmt sich nach der Formel

$$v = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1{,}505 + \lambda \frac{l}{d}}},$$

in welcher die Werthe für λ nach der Seite 105 angegebenen Tabelle zu bestimmen sind.

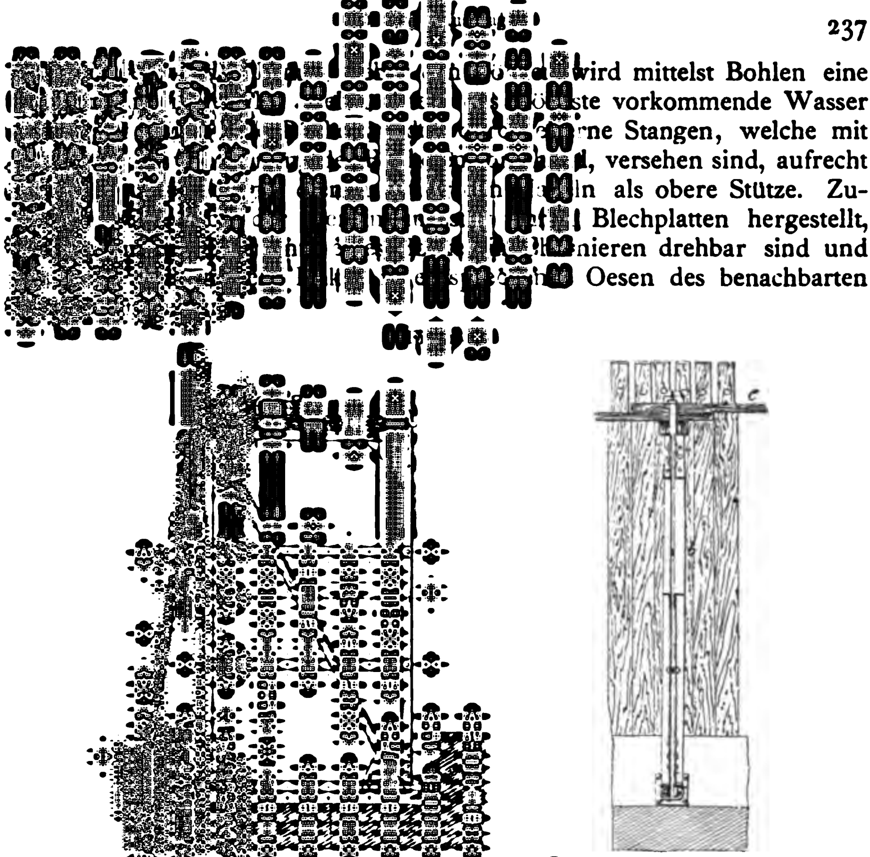
5. Nadelwehre.

Unter einem Nadelwehr versteht man eine Stauanlage, deren Verschluss durch schräg gestellte schmale Latten, die Nadeln, hergestellt wird. Sie gewähren den Vortheil, dass sie die Freimachung des ganzen Profiles gestatten, sind demnach für Stauanlagen in Flüssen, in welchen starke Hochwässer und Eisgänge vorkommen, allen anderen Stauanlagen vorzuziehen. Besonders eignen sie sich für Stauwerke, welche die Ableitung eines Canales aus einem Flusse ermöglichen sollen und für die Trennung der einzelnen Flussstrecken in Haltungen bei der Canalisirung der Flüsse. Zur Bedienung der Stauapparate ist keine feste Brücke erforderlich. Vielfach werden die Nadelwehre in Combination mit festen Wehren und mit Kammerschleusen in Anwendung gebracht. Das Wasser darf niemals über die Stauvorrichtung des Nadelwehres stürzen; desshalb empfiehlt sich überall da, wo die Wasserstände sehr schnell wechseln, die Combination desselben mit einem Ueberfallwehre, besonders aus dem Grunde, weil die Freimachung des durch ein Nadelwehr gesperrten Profiles nicht so schnell zu bewerkstelligen ist wie bei anderen beweglichen Wehren.

Die Nadelwehre, zuerst im Jahre 1837 von dem Franzosen Poirée bei Epineau über die Yonne hergestellt, finden in neuerer Zeit vielfache Anwendung, trotz des Uebelstandes, dass der Wasserverlust im Allgemeinen ein grösserer ist als bei Schleusenwehren.

Die Nadeln aus Tannenholz von rechteckigem oder quadratischem Querschnitte lehnen sich unten gegen einen Falz in der Flusssohle und oben gegen Verbindungsstücke von schmiedeeisernen Böcken, welche in ca. 1 m Abstand aufgestellt und um ihre Unterkante drehbar sind. Die Länge der Nadeln, welche oben mit einem Handgriffe von etwa 0,3 m Länge versehen sind, richtet sich nach der Stauhöhe, welche 3 m in der Regel nicht überschreitet. Sie müssen stets über das höchste Wasser hervorragen; das Einsetzen und Herausnehmen der Nadeln muss durch einen Mann bequem bewerkstelligt werden können. Die Böcke sind in einer Vertiefung der Sohle mittelst zweier Zapfen drehbar gelagert; die Lager derselben sind derartig angeordnet, dass das Ausheben der aufgestellten Böcke verhindert und der auf dem Bocke ausgeübte Wasserdruck aufgenommen wird. Ueberdies muss ihre Anordnung ein leichtes Einsetzen und Ausheben des Bockes gestatten. Die einzelnen Böcke waren bei der ursprünglichen Construction durch Ketten derartig mit einander verbunden, dass von einem bereits aufgestellten Bocke der benachbarte, noch liegende,

… wird mittelst Bohlen eine … ste vorkommende Wasser … ne Stangen, welche mit …, versehen sind, aufrecht … ln als obere Stütze. Zu- … Blechplatten hergestellt, … nieren drehbar sind und … Oesen des benachbarten



… zern.

… ressel über die Reuss in … aus Winkeleisen herge- … he den Zugangssteg bilden … en. Die Anordnung zum … ichend von der ursprüng- … eine derartige, dass eine … in welchen kleine Rollen … eine mittelst einer Kurbel … rsten Bock niederzulegen, … Abwinden gelockert; als- … fest verbunden, so dass … rch Aufwinden der Kette … ach einander aufgerichtet. … lenvertiefung derartig ein, … cht.

Anmerkung. Zu der Gruppe der beweglichen Wehre gehören, wie aus der Uebersicht Seite 195 hervorgeht, noch die Klappenwehre, deren Verschluss durch um horizontale Achsen drehbare Klappen bewerkstelligt wird. Dieselben werden entweder mittelst einer Stellvorrichtung geöffnet bezw. geschlossen, oder sie sind selbstwirkend angeordnet, d. h. sie öffnen sich beim Eintreten eines bestimmten Wasserstandes von selbst. Auf eine Darstellung der bezüglichen Construction kann hier nicht näher eingegangen werden, da dieselbe bei Stauanlagen für landwirthschaftliche Wasserbauten nur in den seltensten Fällen Verwendung finden.

E.

DIE WASSERLEITUNGEN.

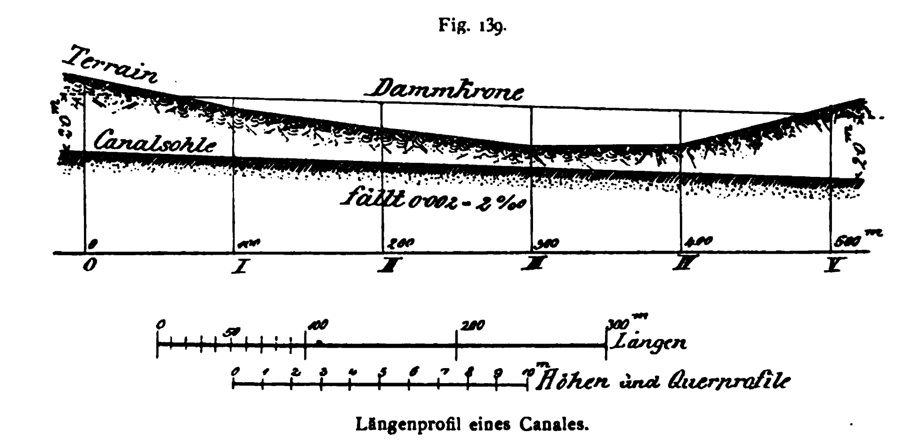
a. Der Bau der Canäle.

Um einen Canal oder Graben herzustellen, müssen zunächst die Profile desselben genau bestimmt werden. Das Querprofil unterliegt je nach dem Zwecke des Canales und der Terrainbeschaffenheit vielfachen Aenderungen; im Allgemeinen muss dasjenige eines Entwässerungscanales allmählig erweitert werden und zwar nach Massgabe der vermehrten Zuflüsse, während ein Bewässerungscanal in dem Masse, wie derselbe das Wasser an die Zweigcanäle abgiebt, ein kleineres Profil erhält. Auch noch andere Umstände veranlassen häufig eine Aenderung der Profilgestaltung, z. B. die von der wechselnden Bodenbeschaffenheit abhängige Grabenböschung, ferner Brückenbauten und ähnliche Umstände. Die Profile werden überdies bei aufgedämmten, halb aufgedämmten und eingeschnittenen Gräben wesentlich von einander verschieden. Die technische Ausführung kann demnach nur mit Zugrundelegung genauer Profilzeichnungen erfolgen und zwar der Darstellung eines Längenprofiles in angemessen verzerrtem Massstabe, in welchem die Gefällsverhältnisse der einzelnen Strecken, ferner die Terrainoberfläche und diejenigen Punkte anzugeben und mit Nummern oder Buchstaben zu bezeichnen sind, an denen eine Aenderung des Querprofiles stattfindet. Selbstverständlich müssen die Coten für Sohle und Terrain sowie für den Ober- und Unterwasserspiegel bei Abstürzen überall wo erforderlich eingetragen sein. Im Zusammenhange mit dem Längenprofile sind die auf einander folgenden Querprofile, wie solche in ersterem bezeichnet sind, zu construiren und mit den entsprechenden Nummern zu versehen. Dieselben müssen auch die natürliche Terrainoberfläche zur Darstellung bringen, so dass die erforderlichen Auf- und Abträge zu ersehen sind. Die nothwendigen Masse sind in den Zeichnungen der Querprofile deutlich anzugeben.

Beispiel. In Fig. 139 und 140 sind ein Längenprofil und die zugehörigen 6 Querprofile eines Canales dargestellt. Der Massstab für die Längen ist $\frac{1}{5000}$, für

die Höhen und die Querprofile $\frac{1}{250}$. Die Sohle soll ein Gefälle von 2‰ erhalten; die Tiefe des Canales soll 2 m und die Wasserspiegelhöhe 1,5 m betragen. Im Längenprofile des Terrains wird zunächst die Sohle gezeichnet und in einem Abstande von 2 m über derselben eine mit der Sohle parallele Linie, welche die Krone des etwa erforderlichen Dammes angiebt. Aus dem Längenprofile werden nunmehr die Sohle und Dammkrone in die einzelnen Querprofile, welche in Abständen von je 100 m gezeichnet sind, übertragen und in diesen die Sohlenbreite, die Böschungen und die Dammkörper, wo diese nothwendig sind, eingezeichnet. Aus den Querprofilen kann alsdann die Erdbewegung berechnet werden.

Fig. 139.



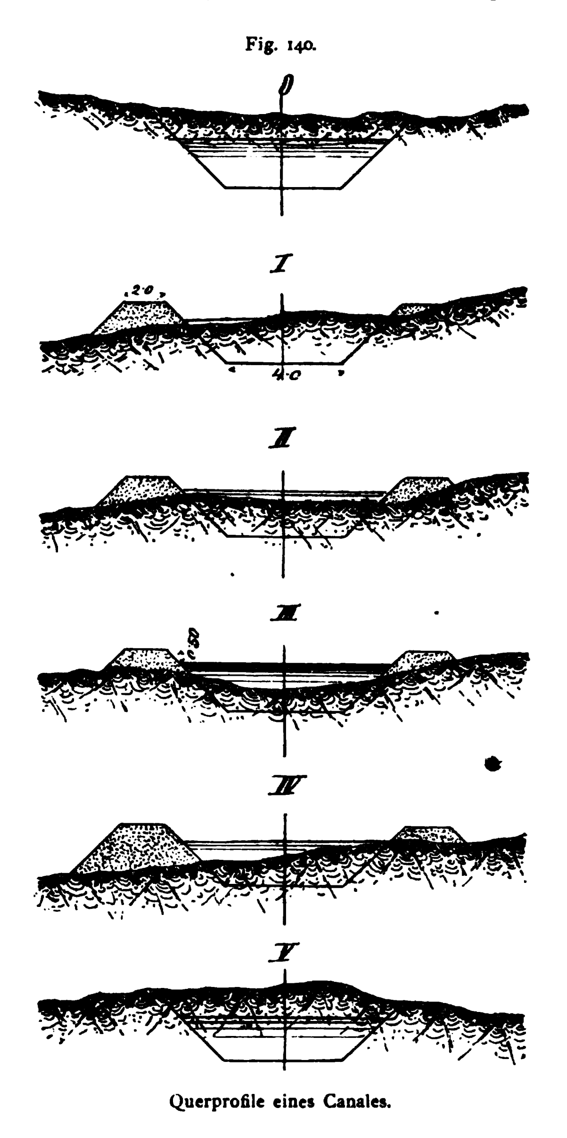
Längenprofil eines Canales.

Zur Ermittlung der erforderlichen Auf- und Abträge bedient man sich des unter der Bezeichnung Massennivellement bekannten graphischen Verfahrens, welches ein übersichtliches Bild des gesammten Erdtransportes giebt. Im Allgemeinen erscheint der beim Strassen- und Eisenbahnbau geltende Grundsatz, dass sich Auf- und Abträge soviel wie möglich ausgleichen sollen, für den Canalbau nicht zutreffend, da es sich für diesen empfiehlt, Aufträge überhaupt zu vermeiden, soweit dies irgend zulässig, eine Regel, die freilich für Leitungen zur Bewässerung vielfach eine Ausnahme erfahren muss. Man wird demnach in den meisten Fällen das aus den Gräben gewonnene Material seitlich zu verwenden haben, z. B. zur Erhöhung der Uferborde oder zu Planirungsarbeiten.

Auflockerung des Bodens. Die beim Lösen des gewachsenen Bodens entstehende Auflockerung bewirkt eine je nach der Bodenart mehr oder minder beträchtliche Volumenvergrösserung. Dieselbe ist bei einem Sandboden nur unbedeutend, beträgt aber bei Thon- und Felsboden 30 bis 50 % des ursprünglichen Bodens. Wenn auch in der Folge durch das

Setzen des aufgetragenen Dammkörpers eine Verminderung des vergrösserten Volumens stattfindet, so wird doch die Dichtigkeit des ursprüng-

Fig. 140.



Querprofile eines Canales.

lichen, gewachsenen Bodens nicht vollständig wieder erreicht. Das Verhältniss des aufgelockerten Bodens und des consolidirten Auftrages zu dem gewachsenen Boden bei verschiedenen Bodenkategorien ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

Tabelle über das Verhältniss des gewachsenen zu dem aufgelockerten Boden.

1 cbm gewachsener Boden, bestehend aus	Sand	Lehm	Keuper, Mergel	festem Thon	Felsen
ergiebt beim Transporte . .	1,10—1,20	1,20—1,25	1,25—1,30	1,30—1,35	1,35—1,50
ergiebt in consolidirtem Zustande	1,01	1,02	1,03	1,04—1,05	1,08—1,10

Der Transport des Bodens erfolgt beim Bau von kleineren Gräben vorwiegend mittelst Schiebkarren, dagegen bei ausgedehnten Erdbewegungen mittelst Pferdekarren und zwar auf einer aus Brettern hergestellten Fahrbahn. Bei dem Fassungsraume des gewöhnlichen Schiebkarren von 0,075 bis 0,077 cbm sind pro Cubikmeter gewachsenen Boden 15 bis 17 Karrenladungen erforderlich, bei Felsboden 18 bis 20. Die Leistung beim Erdtransporte mittelst Schiebkarren bei den verschiedenen Bodengattungen ist aus nachfolgender, von Gieseler*) nach verschiedenen Autoren zusammengestellten Tabelle ersichtlich:

Tabelle über die Leistung beim Erdtransporte.

Bodengattung	Stundenzahl, um 1 cbm zu lösen, zu laden und zu entleeren	Stundenzahl, um 1 cbm 1 m weit zu transportiren
Loser Sand, Ackerkrume	0,85—1,4	0,0082
Leichter Lehm, feiner Kies, Torfmoor	1,4—2,0	0,0088
Schwerer Lehm, Thon, Mergel, mit losen Steinen durchsetzter Boden	2,0—2,8	0,0094
Trümmergestein, Gerölle, weicher Sandstein, kleinbrüchiger Schiefer	2,8—3,6	0,0100
Felsen, welche noch mit Spitzhacke und Brecheisen gelöst werden können	3,6—4,4	0,0102
Felsen in geschlossenen Bänken, mit Pulver oder Dynamit zu sprengen	4,0—6,5	0,0105
Massengesteine der ältesten Formationen, als Granit, Gneis, Quarz, Syenit, Porphyr	6,5—10,5	0,0108

Beispiel zur Benutzung vorstehender Tabelle. Wie viel Stunden sind erforderlich, um 200 cbm Thonboden zu lösen und mittelst Schiebkarren 150 m weit zu transportiren? Da zum Lösen, Aufladen und Entleeren von 1 cbm Thonboden 2 bis 2,8 Stunden erforderlich sind, so ergiebt sich die Stundenzahl für 200 cbm auf 400 bis 560. Da ferner, um 1 cbm Thonboden 1 m weit zu transportiren, 0,0094 Stunden nothwendig sind, so erhalten wir für den Transport von 200 cbm auf 150 m Entfernung

$$0{,}0094 \times 200 \times 150 = 282 \text{ Stunden.}$$

*) Dr. Eb. Gieseler, Lehrbuch des Erdbaues, Seite 73; Bonn 1880.

Mithin ist die in Rede stehende Arbeit in 682 bis 842 Stunden je nach der Beschaffenheit des Bodens zu verrichten, bezw. in 68,2 bis 84,2 zehnstündigen Arbeitstagen. Beträgt der Tagelohn 2 M., so wird die Arbeit für 136,4 bis 168,4 M. geleistet.

Das Abstecken der Profile auf dem Terrain erfolgt in der Regel im Vereine mit einem Nivellement. Es wird bei einem eingeschnittenen Graben zunächst die Mittellinie mittelst Pfähle bezeichnet, alsdann von dieser nach beiden Seiten die halbe Sohlenbreite und endlich die Böschung abgetragen, und werden die betreffenden Punkte gleichfalls durch Pfähle markirt. Ein Profil wird demnach durch 5 Pflöcke bezeichnet, von denen die beiden äusseren die obere, die beiden folgenden die untere Breite und der mittlere Pfahl die Achse des Grabens angeben. Derartige Absteckungen werden überall dort vorgenommen, wo sich das Profil ändert, aber auch bei gleich bleibenden Profilen in Entfernungen, welche bei wenig coupirtem Terrain bis 100 m, bei stark coupirtem Terrain je nach Massgabe der Brechungspunkte 20 bis 50 m betragen. Die Grabenarbeit beginnt mit der Aushebung des mittleren Erdkörpers möglichst senkrecht bis zur Sohle, welche genau nach dem zu gebenden Gefälle einzunivelliren ist. Alsdann ist es ein Leichtes, die noch fehlenden Böschungen herzustellen. Bei aufgedämmten Gräben wird zunächst die Mittellinie abgesteckt; alsdann werden die Eckpunkte der Sohle sowie der beiderseitigen Dämme mittelst entsprechend hervorstehender Pfähle bezeichnet. Bei der Herstellung grösserer aufgedämmter Gräben werden Schablonen aufgestellt, welche jedoch erst nach Aufbringung des grössten Theiles der Erde zu den Dämmen definitiv einnivellirt werden. Andernfalls könnten leicht beim Anstossen an die Schablonen Veränderungen in der Lage derselben eintreten.

Bei der Herstellung aufgedämmter Gräben muss mit besonderer Sorgfalt auf einen guten Verband des Dammkörpers mit dem natürlichen Boden gesehen werden. Rasen, Heidekraut u. s. w. werden abgeschält, der Boden aufgegraben oder aufgepflügt, worauf die Anschüttung in dünnen Lagen erfolgt, welche sorgfältig mit Hülfe der Handramme festgestampft oder durch das Ueberführen der Erdkarren festgepresst werden. Hierbei sowie in Betreff der Auswahl der Erde verfährt man in gleicher Weise und mit der nämlichen Sorgfalt wie bei dem Bau der Deiche. Vor Allem ist auf ein möglichst dichtes und gleichmässiges Aufbringen der Erde zu achten, wenn nicht nur die Seitenböschungen des Canales, sondern auch die Sohle aufgetragen wird; für diese muss stets ein besonders dichtes Material, am besten ein gleichmässig beschaffener, sandiger Thonboden, verwendet werden, wenn der Canal nicht zu beträchtliche Mengen Wasser durch Filtration verlieren soll.

Muss der Canal durch Felsboden geführt werden, so wird bei der Erstellung des Einschnittes in nämlicher Weise verfahren wie beim Bau der Bahnkörper für Strassen und Eisenbahnen; sind grössere Massen zu

entfernen und ist das Gestein besonders hart, so wird das Profil mittelst Dynamitsprengung hergestellt.

Besondere Schwierigkeiten stellen sich bei der Grabenarbeit heraus, wenn der Boden Triebsandschichten enthält oder aus weichem Moore besteht. Hier muss oft während des Baus für eine stete Entwässerung Sorge getragen werden; auch ist es häufig nothwendig, die Grabenwände durch geeignete Mittel, z. B. Versteifungen, Faschinendeckungen oder Spundwände, gegen das Nachstürzen zu sichern. In sehr weichem Moorboden müssen die Arbeiter breite Unterlagen erhalten, um nicht einzusinken; auch ist es erforderlich, auf derartig unsicheren Strecken so viele Arbeiter wie möglich zu gleicher Zeit anzustellen.

Dichtung der Canäle. Wie bereits im I. Abschnitte (Seite 56) angegeben, erleiden diejenigen Canäle, deren Sohle und Untergrund aus durchlassendem Material besteht, durch das Einsickern häufig sehr beträchtliche Wasserverluste, so dass es oft Schwierigkeiten verursacht, den normalen Wasserstand dauernd zu erhalten. In diesem Falle muss der Canal durch die geeigneten Mittel gedichtet werden.

Bevor man zu den Dichtungsarbeiten schreitet, hat man sich davon zu überzeugen, ob die Wasserverluste auf der ganzen Länge des Canales oder nur auf einzelnen Strecken stattfinden. Wenn man nicht aus der Beschaffenheit des Untergrundes (Schotter, Kies, zerklüftetes Gestein) mit Sicherheit darauf schliessen kann, dass der Canal in seiner ganzen Länge undicht ist, vielmehr die Vermuthung vorliegt, dass dies nur auf einzelnen Strecken der Fall ist, so wird derselbe mittelst Spundwände in angemessene Abtheilungen getrennt, welche mit verschliessbaren Communicationen versehen werden. Nachdem der Canal zu normaler Höhe gefüllt ist, werden die letzteren schnell geschlossen und die Wasserstände in den einzelnen Abtheilungen beobachtet. Tritt das Sinken derselben in den einzelnen Haltungen gleichmässig ein, so lässt sich folgern, dass die Sohle in der Gesammtlänge undicht ist. Andernfalls, wenn einzelne Abtheilungen das Wasser auffallend schnell verlieren, liegt die Undichtigkeit vornehmlich in diesen. Oft sind es unterirdische Wasseradern, welche, mit dem Canalprofile in Verbindung, das Wasser aufnehmen und in gewaltigen Mengen verschlucken, zuweilen in so beträchtlichem Masse, dass man auf der Oberfläche in Folge des Versinkens des Wassers Wirbel sieht. Nachdem man sich über die Ausdehnung der Filtration Klarheit verschafft hat, beginnt man mit dem Dichten, einer Arbeit, welche in manchen Fällen erst nach lange fortgesetzten Bemühungen und mit grossem Kostenaufwande ein befriedigendes Resultat geliefert hat.

Das zunächst liegende Mittel zum Dichten der Canalsohle besteht in der Einleitung trüben, mit Sinkstoffen bereicherten Flusswassers, wie es zur Zeit der Hochwasserfluthen zur Verfügung steht. Lässt man das Wasser im Canale stagniren, so sinken die mitgeführten Stoffe zu Boden und ist es hin und wieder gelungen, nach wiederholtem Einlassen solchen

Fluthwassers den Canal hinreichend dicht zu erhalten. Im Allgemeinen pflanzen sich jedoch die trüben Fluthen nicht durch den ganzen Canal fort, sondern schlagen sich in dem oberen Theile nieder, so dass nur in diesem eine Dichtung erfolgt. Der Niederschlag wird hier zuweilen so stark, dass schädliche Verflachungen entstehen, welche späterhin mit vieler Mühe durch Grundräumung wieder beseitigt werden müssen.

Ein anderes, ungleich wirksameres Mittel besteht darin, das Dichtungsmaterial fein vertheilt direct in den Canal einzuführen. Am vorzüglichsten hat sich hierzu Sand bewährt, welcher von einem Boote aus an denjenigen Stellen, welche gedichtet werden sollen, eingestreut wird. Auch Thon hat man, entweder vorher in Bassins gelöst oder unmittelbar in den Canal eingeführt und dort zur Lösung gebracht, benutzt, jedoch nicht mit dem Erfolge, welchen reiner trockener Sand oder ein Gemenge von gleichen Theilen Sand und Thon ergeben hat. Die feinen Sandkörnchen ziehen sich in die Risse und Poren der Sohle ein und verstopfen dieselben vollständig.

Am Cavour-Canale befindet sich bei dem Uebergange desselben über die Dora Baltea eine starke Aufschüttung bis 7 m Höhe in einer Länge von 2,3 km. Die Seitendämme, deren Innenseiten durch Mauerwerk verkleidet sind, fassen die Sohle ein, welche direct aus dem gewachsenen Boden und darüber aufgebrachtem Thonschlage besteht. In der Folge zeigten sich starke Durchsickerungen, deren Beseitigung zunächst durch Einschütten von Thon in das Wasser versucht wurde. Eine vollständige Undurchlässigkeit erreichte man jedoch erst durch die Anwendung von Sand. Man bemerkt jetzt in dem seitlich belegenen niedrigen Terrain keine Spur von Durchsickerung. (Hess, Die Bewässerungsanlagen Oberitaliens, Seite 73; Hannover 1873.)

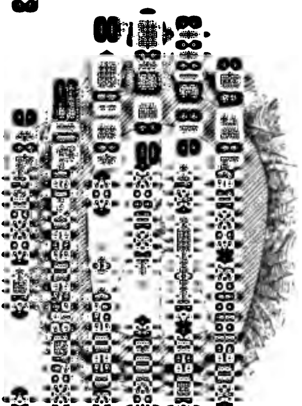
Die Anwendung von Thonschlag zur Herstellung einer dichten Canalsohle ist ebenfalls sehr üblich und zwar speciell bei Schifffahrtscanälen. Man hält es jedoch für vortheilhafter, die auf der natürlichen Sohle aufzutragende Schicht aus einem Gemenge von Thon und Sand, sogar mit Steinen untermengt, bestehen zu lassen, als reinen Thon anzuwenden. Letzterer erhält zu leicht Risse und Spalten, welche immer von Neuem zu Undichtigkeiten Veranlassung geben.

Als sicherstes, wenn auch kostspieligstes Mittel zum Dichtmachen durchlassender Canalstrecken hat sich die Betonschüttung erwiesen, welche man sowohl anwendet, wenn der Canal in zerklüftetem Felsboden ausgeführt ist, als auch, wenn der Untergrund aus Schotter und grobem Kies besteht. Die Stärke der Betonschicht wird sehr verschieden genommen, gewöhnlich zwischen 0,15 und 0,25 m. Ueber der Betonschicht kommt in der Regel eine Erdschicht von 0,25 bis 0,30 m Stärke. In dieser Art erstellte Canäle haben sich selbst bei durchlässigstem Untergrunde vollständig dicht erwiesen.

Wenn ein Wasserlauf über eine Thalmulde geführt oder über einen anderen Wasserlauf hinweggeleitet werden soll, so muss derselbe in einem Gerinne oder einer Röhrenleitung aufgenommen werden. Die

...lt, bei kleineren Leitungen
... Eisenblech, vorwiegend aber
...en werden in dem folgenden
... Seite ... tellt werden.

...sen getriebene Canalstrecken,
... Canälen von Languedoc
...ng gebracht wurden, sucht
...tionsbauten soviel wie mög-
...en im Gebirgsterrain wieder-
... für Entwässerungs- als auch



...gung des Fucino-Sees.

... der in den Jahren 1854—1869
... Tunnel zur Trockenlegung
... Der Querschnitt desselben
...chse des eiförmigen Profiles
...des Querprofiles ist 19,6 qm.
... Länge 2 ‰, alsdann gleich-
...5,3 m über der Sohle können
... 2754 m Länge des Tunnels
...hne Verkleidung, 135 m zum
...mauert.

...ass für denselben Zweck bereits
... bestand und zwar mit flacher
...n 1,8 m Breite und 2,10 m Ge-
...e von 5595 m, das Gefälle be-
... 11 Jahren mit 30 000 Menschen
...führung, wie Gefällsvariationen
...d andere Fehler waren die Ur-

sachen, dass der Römische Tunnel bald seinen Dienst versagte. (Vergl. Dessé-chement du Lac Fucino executé par S. E. le Prince Alex. Torlonia. Précis historique et technique pax Alex. Brisse; Rom 1876; ferner: Das landwirthschaftliche Meliorationswesen Italiens von Eduard Markus; Wien 1881.

Im südlichen Frankreich und in Spanien sind auch einzelne Bewässerungscanäle theilweise unterirdisch geführt, z. B. einige Strecken des Canales von Carpentras mit kreisförmigem, unten abgeflachtem Querschnitte von 4 m Breite und 3,2 m Höhe; am Ende desselben, wo er eine wesentliche Verjüngung des Querprofiles aufweist, befindet sich noch eine Tunnelstrecke von rechteckigem, halbkreisförmig überwölbtem Querschnitte von 1,6 m Breite und 2 m Höhe. Auch der Canal des Verdon und der Neste-Canal, im Departement der Hautes Pyrénées, besitzen mehrere Tunnels. Ferner wurde in neuerer Zeit der uralte Canal Alaric in dem nämlichen Departement unterhalb Bagnères de Bigorre durch eine Tunnelstrecke mit dem Lac bleu in Verbindung gesetzt, wodurch die Wasserzufuhr zu dem Canale wesentlich erhöht wurde.

Die Kreuzung des Canales Caluso in Piemont, welcher zur Bewässerung des Landstriches zwischen dem Orgo und der Dora Baltea dient, mit dem Wildbache Madenzone erfolgt in der Weise, dass die an beiden Ufern des letzteren vorspringenden Höhen mit Tunnels von 693 und 723,8 m Länge durchfahren und der Wildbach mit einem Aquaducte übersetzt wurde.*) Beide Tunnels bei Bioleto und Feloglio haben eine Breite von 3,10 m bei 4,50 m Höhe; die Strecke zwischen beiden enthält den Brückencanal des Madenzone von 37 m Länge.

Sehr bedeutende unterirdische Canalleitungen wurden bei den alten maurischen Canälen Spaniens ausgeführt und zwar bei den Canälen von Castellon und Villareal.

b. Die Benutzung des Gefälles.

Ueber dass zulässig stärkste Gefälle eines Canales ist bereits im ersten Abschnitte die Rede gewesen. Bedingt das Terrain ein stärkeres Gefälle, so ist dasselbe an einzelnen Punkten zu concentriren, an welchen das Wasser in einem Absturze herabgeleitet wird. Derselbe muss wie ein Wehrbau derartig gesichert sein, dass eine Beschädigung der Sohle und der Uferböschungen verhütet wird. Im letzten Capitel sind bereits mehrere Schleusenwerke abgebildet worden (Fig. 103), bei welchen mit dem Stauwerke ein derartiger Absturz verbunden ist, um den Canal ohne zu erhebliche Geschwindigkeit des Wassers auf ein tiefer gelegenes Sohlenniveau zu führen. In den meisten Fällen werden die Abstürze aus Stein gefertigt und wird der Fluthboden auf einer längeren Strecke sorgfältig abgepflastert, um jede Auskolkung zu vermeiden.

---

*) Hess, Die Bewässerungsanlagen Oberitaliens, Seite 29 und Italian Irrigation by R. Baird Smith, Vol. I, Seite 112; London 1855.

Oft ist es möglich, den zur Verfügung stehenden Ueberschuss des Gefälles zur Anlage von Triebwerken zu verwerthen, um so den Canal rentabler zu machen. Namentlich an den südfranzösischen Canälen wurde in dieser Hinsicht bei der Projectirung stets die gebührende Rücksicht genommen und hierdurch die Industrie in der von dem Canale durchschnittenen Gegend wesentlich gefördert. Am Canale du Verdon im Departement der Rhônemündung, welcher das Wasser des Verdon, eines Nebenflusses der Durance, zur Stadt Aix leitet und gleichzeitig 6000 ha bewässert, konnte in Folge des starken Gefälles eine Anzahl von Triebwerken angelegt werden, welche in gleicher Weise wie das zu Bewässerungszwecken benutzte Wasser nach einem bestimmten Tarife vermiethet werden. Der jährliche Miethspreis beträgt pro Pferdekraft 200 Francs.

Ausserordentlich günstige Gelegenheit zur Anlage von Triebwerken bot auch die Abzweigung des Cavour-Canales in Piemont, welche zur Bewässerung des Landstriches zwischen der Agogna und dem Ticino dient, der Lomellina-Zweigcanal. Das Gefälle beträgt 44 m auf die Gesammtlänge des Canales von 28,2 km. Dieser günstige Umstand gestattete, eine bedeutende Wasserkraft für die Industrie nutzbar zu machen. Es wurden 23 Wehre in dem Canale angelegt, welche etwa $^3/_4$ des Gesammtgefälles aufnehmen.

Anmerkung I. Das Wasserquantum des Canales beträgt bei der Abzweigung desselben aus dem Cavour-Canale 30 cbm pro Secunde und nimmt durch Abgabe des Wassers allmählig bis auf 18 cbm ab. Die beiden Wehre in der Nähe von Novara mit einem Gefälle von 2,59 und 2,26 m liefern bei einer Consumtion von 28 cbm Wasser pro Secunde

$$\frac{2{,}59 \cdot 28 \cdot 1000}{75} = 967 \text{ Pferdekraft}$$

und

$$\frac{2{,}26 \cdot 28 \cdot 1000}{75} = 843 \text{ Pferdekraft.}$$

Im Ganzen beträgt die Anzahl der zur Verfügung stehenden Pferdekräfte, d. h. die theoretische Leistung, bestimmt aus dem Gewichte des Wassers und dem Gefälle, 9746. Es kann nicht zweifelhaft erscheinen, dass der Lomellina-Canal, in Verbindung mit einem vorhandenen günstig gelegenen Eisenbahnnetze, ausserordentlich fördernd auf die Industrie wirken wird, um so mehr, als die Kosten der Wasserkraft sehr niedrig tarifirt sind. Nach dem Tarife vom 23. März 1872 soll für die Benutzung des Wassers als motorische Kraft 5 Lire pro Pferdekraft und Monat bezahlt werden; jedoch muss das Wasser wieder in einen der Zweigcanäle zurückgeleitet werden.

Anmerkung II. Weitere Angaben über den Kostenpreis der motorischen Kraft, durch das Gefälle der Canäle gewonnen, enthält das bereits erwähnte Werk von Markus, Seite 54 und 55.

c. Die Brückencanäle und Unterleitungen.

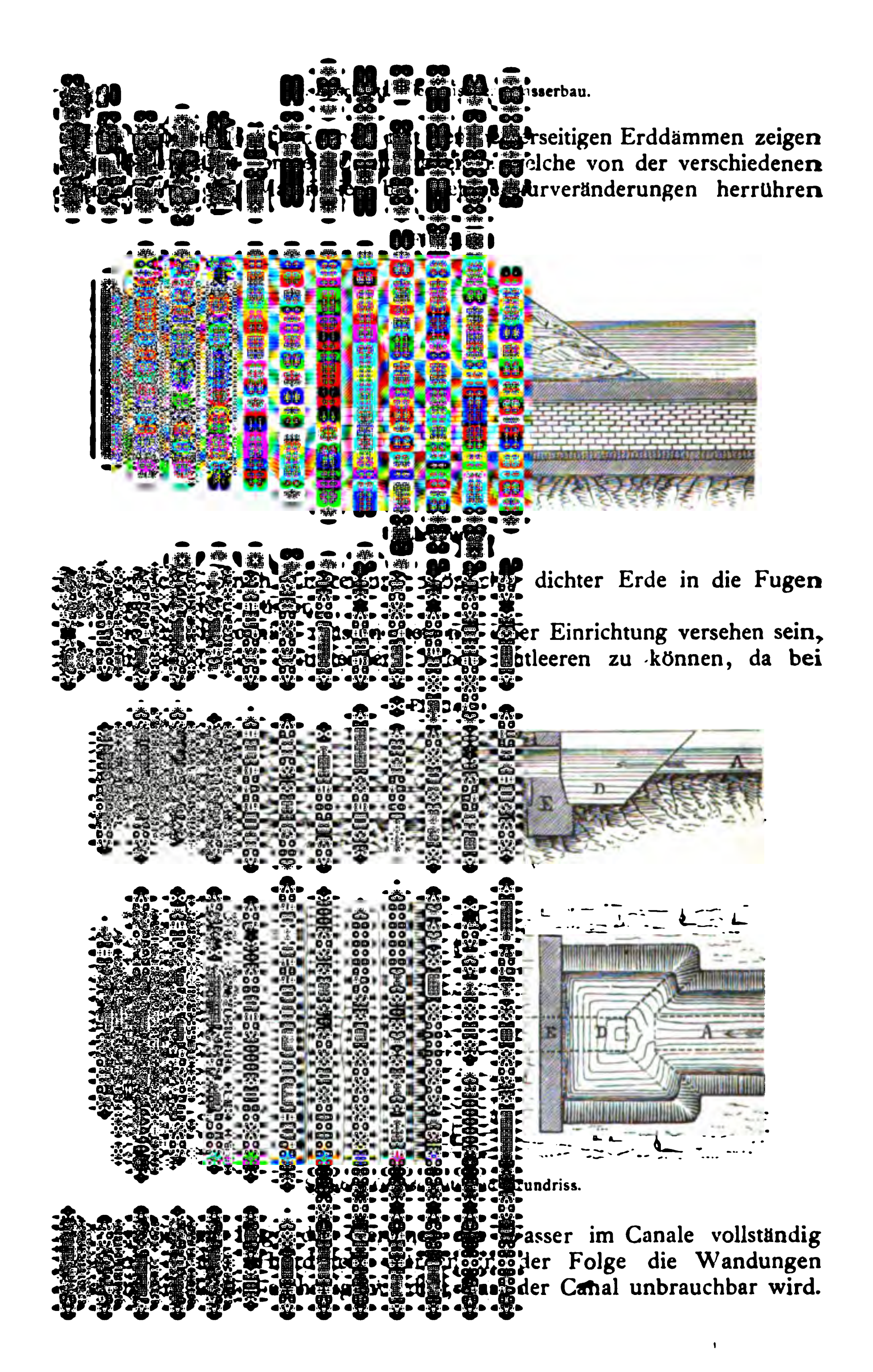
Die Trace eines Canales durchschneidet häufig kleinere und grössere Wasserläufe, deren Kreuzung zuweilen erhebliche Schwierigkeiten darbietet, in jedem Falle aber die Baukosten in beträchtlichem Masse erhöht. Der zu erstellende Canal wird in der Regel nicht durch einen bestehenden Wasserlauf hindurchgeleitet, wie dies in früherer Zeit namentlich bei Schifffahrtscanälen oft ausgeführt wurde und zu immer wiederkehrenden Versandungen der dem Kreuzungspunkte zunächst liegenden Canalstrecke Veranlassung gab. Wenn irgend möglich, tracirt man den Canal derartig, dass er die Bäche und Flüsse des zu durchschneidenden Gebietes sowie etwa bestehende ältere Canäle überschreitet, da die Kosten der Anlage im Allgemeinen niedriger ausfallen als beim Passiren unter denselben. Trotzdem lässt sich letzteres oft nicht durchgehends vermeiden und ist es auch bei kleineren zu kreuzenden Wasserläufen durchaus unbedenklich, namentlich wenn mit dem Bau der Unterleitung erforderlichen Falles eine Correction des Baches oder Flusses vorgenommen wird.

Wird der Canal über einen Wasserlauf geführt, so nennt man das hierzu erforderliche Bauwerk einen Brückencanal oder Aquaduct; führt man denselben unter einem Wasserlaufe hindurch, so heisst das Bauwerk eine Unterleitung und wenn er zum Zwecke der Unterführung mit geneigten oder vertical abfallenden Schenkeln versehen ist, ein Siphon. Kleinere Brückencanäle zur Ueberleitung von Gräben heissen Gerinne.

Die wichtigste Bedingung bei dem Bau von Ueber- und Unterleitungen ist die wasserdichte Herstellung der Leitungen. Hierzu ist es erforderlich, dass nach der Ausführung der Arbeiten keine Senkung einzelner Theile des Bauwerkes eintrete, dass somit die Fundirungen, Erdwerke und Gewölbconstruction mit grösster Sorgfalt, in angemessener Stärke sowie in vorzüglich gutem Material hergestellt werden. Das mit hydraulischem Mörtel übermauerte Gewölbe der Brücke wird mit einer Betonschicht bedeckt, auf welcher wiederum Mörtelschichten kommen, um die sich beim Erhärten des Betons etwa bildenden Risse auszufüllen. Da derartige Risse namentlich leicht beim schnellen Erhärten des Betons eintreten, so sucht man dieses durch ein Ueberdecken desselben mit Strohlagen zu verzögern.

Es empfiehlt sich auch, ähnlich wie dies bei Schifffahrtscanälen ausgeführt wurde, auf der Betonlage eine Asphaltschicht von etwa 0,15 m Stärke aufzubringen und in dieser kleine flache Steine einzudrücken. Hölzerne Brückencanäle, welche freilich nicht die lange Dauer der massiven haben, sind leichter dicht herzustellen bezw. bei eintretender Durchsickerung des Wassers zu dichten. Man verfährt hier in gleicher Weise wie beim Dichten der Schiffsgefässe, dem sog. Kalfatern, indem man Werg, in Theer getränkt, in die Fugen eintreibt. An den Anschlüssen

...rseitigen Erddämmen zeigen
...elche von der verschiedenen
...urveränderungen herrühren



... dichter Erde in die Fugen

...er Einrichtung versehen sein,
...tleeren zu können, da bei

...undriss.

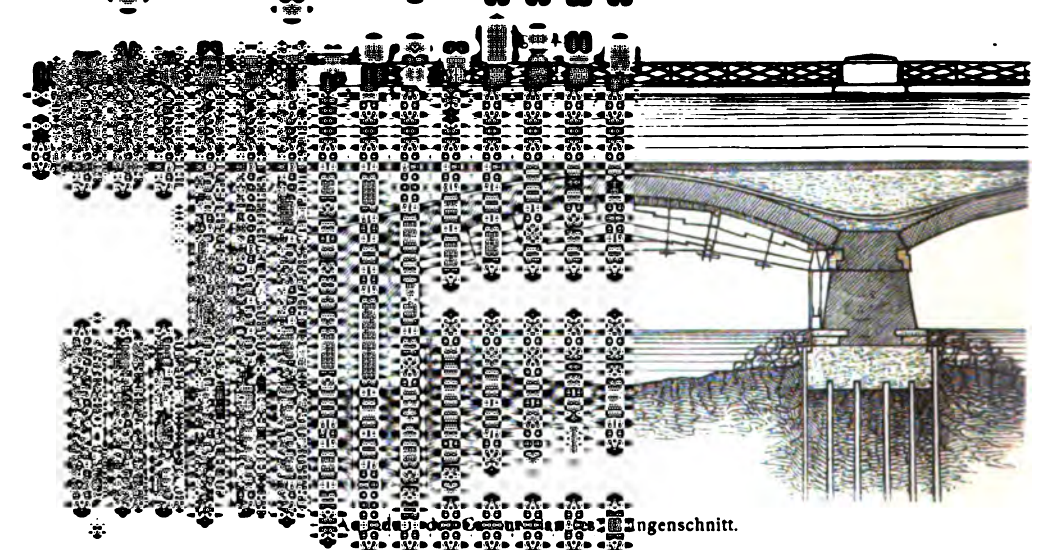
...asser im Canale vollständig
...der Folge die Wandungen
...der Canal unbrauchbar wird.

Die Höhe des Brückencanales über dem zu überschreitenden Wasserlaufe richtet sich nach dem höchsten Wasserstande in letzterem und muss derartig bemessen werden, dass das Hochwasser ohne Stauung die Flutöffnung passiren kann. Es sind demnach bei der Anordnung des Unterbaus dieselben Rücksichten zu nehmen wie bei gewöhnlichen Brücken. (Siehe den folgenden Abschnitt). Zuweilen ist es nothwendig, den zu überschreitenden Bach zu senken, um ihn unter dem Brückencanale hindurchzuführen. In diesem Falle wird, falls das hierzu erforderliche Gefälle in dem Bache vorhanden ist, die Sohle desselben allmählig vertieft, wie dies Fig. 142 zeigt. Ist dies nicht möglich, so wählt man einen nach Fig. 143 angeordneten Durchlass, einen sog. Heberdurchlass oder Siphon, mit abwärts geleitetem und wieder aufwärts geführtem Schenkel. In dem hier gewählten Beispiele ist die Kreuzung zweier kleiner Bewässerungscanäle in gleichem Niveau im Längenprofile des Canales $A\ B$ und im Grundrisse dargestellt. Ehe das Wasser des Canales $A\ B$ in den Siphon eintritt, gelangt es in das Bassin D und verzögert hier seine Geschwindigkeit, wodurch die etwa mitgeführten festen Substanzen, wie Schlamm und Sand, zum Niederschlage kommen. Der Canal C wird durch die Unterleitung in seinem Laufe nicht geändert. Bei E und F sind die Enden des Siphons durch zwei kleine Mauern gestützt, um dem Bauwerke einen zuverlässigen Halt zu geben und Unterwaschungen zu verhüten. Die Anordnung derartiger Heberdurchlässe ist bei grösseren Abmessungen der Wasserleitungen die nämliche wie hier dargestellt.

Ein Uebelstand derselben ist stets, dass, wenn der unterzuführende Wasserlauf viel Geschiebe, Kies, Sand und Schlamm mit sich führt, diese Materialien in dem Siphon deponirt werden. Es treten alsdann sehr bald Verstopfungen in demselben ein, welche durch Räumungen beseitigt werden müssen. Bei der Anlage von Durchlässen ist demnach von vorn herein auf die Möglichkeit einer gründlichen Räumung gebührende Rücksicht zu nehmen. Im Uebrigen ist dem Durchlasse die gehörige Stärke zu geben, da er einen zuweilen nicht unbeträchtlichen inneren Wasserdruck zu erleiden hat. Dieser befördert namentlich das Durchsickern des Wassers durch die Fugen des Mauerwerkes, wesshalb auch der Verband mit grösster Sorgfalt und in wasserdichtem Mörtel hergestellt werden muss. Ganz empfehlenswerth ist es, anstatt der gemauerten Durchlässe gusseiserne oder schmiedeeiserne Röhren zu wählen, welche erforderlichen Falles einen Durchmesser von 1 m und darüber erhalten können. Reicht dieser noch nicht aus, um das Wasser des Baches etc. abzuführen, so hindert nichts, mehrere Röhren neben einander zu legen und den Anschluss der Enden an den Wasserlauf durch gemauerte Brunnen herzustellen.

Die bedeutendste Anlage dieser Art ist der Siphon, welcher zur Durchleitung des Canales du Verdon durch das Thal von St. Paul mit Ueberschreitung eines kleinen Wasserlaufes ausgeführt wurde. Die Verbindung wird durch ein schmiedeeisernes Rohr von 2,3 m Durchmesser hergestellt, welches

… mit ansteigenden Schenkeln … unter dem Canale; der Ab… das Knierohr eingeschaltet ist, …es 98,60, diejenigen der beiden … Rohr ruht nur an den Knie…r auf; an den sonstigen zahl… sich auf Schienen der Funda…geordnete Apparate gestatten …hres bei Aenderung der Tem…platten beträgt 1 cm auf 148,6 m …s aus Blechplatten von 8 mm …erungshahn von 0,6 m Durch…er Arbeiter versehen; in den …chtungen angebracht, mittelst …gen kann.



…ngenschnitt.

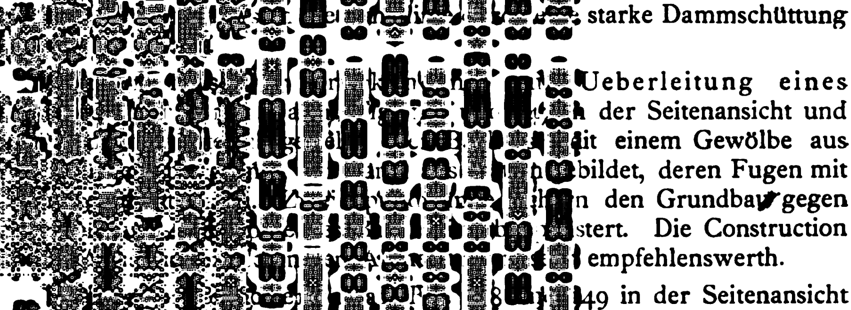
… Unterleitungen sollen in dem …t werden.

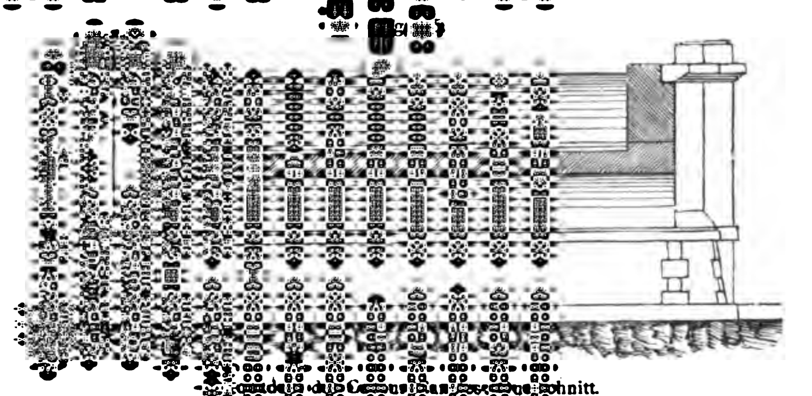
… die Dora Baltea, Fig. 144 und …stellt. Die Brücke hat 9 Bögen … Gewölbe beträgt 1,60 m, die …ben ist eine Schicht Cement …lage aufgebracht. Die Breite …serstand in demselben 3,40 m. …rca 100 cbm in der Secunde. …och und 1,75 m breit. Die … musste, wie bereits Seite 245

starke Dammschüttung

Ueberleitung eines
der Seitenansicht und
it einem Gewölbe aus
bildet, deren Fugen mit
n den Grundbau gegen
stert. Die Construction
empfehlenswerth.

149 in der Seitenansicht
dient zur Ueberführung
pal. Das Gerinne wird
enwände bestehen aus





hnitt.

eine Stärke von 0,06 bis
15 m starken Boden des
nd aussen durch eiserne

uer zu sichern, empfiehlt
ie in Fig. 149 dargestellt.
e einen dichten Anstrich
en nicht unmittelbar auf
atten aufzulegen. Selbst-
erhältnisse zuweilen sehr
der Brückencanäle und

der Aller, für die Be-
Müden-Nienhöfer Melio-

nd Brückenbau, Taf. XIII.



...g, ausgeführt von Baurath
...nd Querschnitte (letzterer in

...ansicht.

...chnitt.

... Theile der Landrostei Lüne-
... r 1883.



... [illegible] Unterleitung besteht aus
... [illegible] ,3 m Durchmesser aus

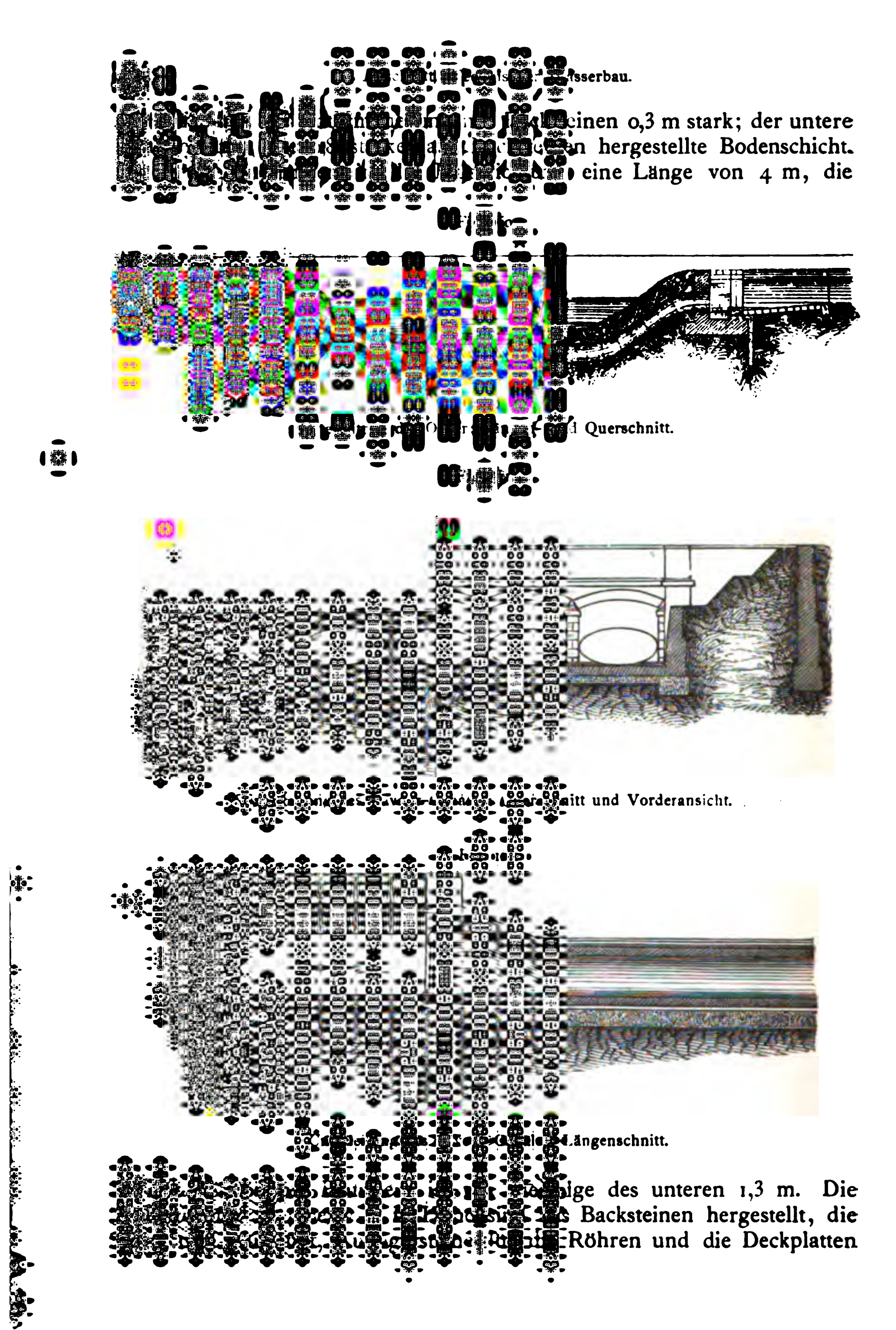
... [illegible]

... [illegible] ischen massiven Brunnen
... [illegible] er Brunnen beträgt 26 m.

... [illegible]

... [illegible] efsten Stelle noch 0,33 m
... [illegible] nnen ist auf Beton, 1 m

... einen 0,3 m stark; der untere
... n hergestellte Bodenschicht.
... eine Länge von 4 m, die



... Querschnitt.

... itt und Vorderansicht.

... Längenschnitt.

... ige des unteren 1,3 m. Die
... Backsteinen hergestellt, die
... Röhren und die Deckplatten

aus Quadern. Die Sohle des Bewässerungsgrabens schliesst sich mittelst abgepflasterter Strecken von 5 bezw. 5,5 m an den Einlauf und Auslauf der Brunnen an.

Die Anwendung schmiedeeiserner Röhren gewährte den Vortheil, dass die Montirung ohne Abdämmung des Flusses erfolgen konnte. Nach Vollendung der Brunnen wurden die Rillen für die Röhren ausgebaggert und diese von einem festen Gerüst aus versenkt, welche Operation durch allmählige Einfüllung von Wasser in die Röhren befördert wurde.

Die Kosten der Unterleitung nebst Zubehör betrugen 17 700 M.

Unterleitung (Siphon) des Cavour-Canales unter der Sesia, Fig. 151 im Querschnitte und der Vorderansicht, Fig. 152 im Längenschnitte dargestellt.*) Die Unterleitung erfolgt durch fünf gemauerte, elliptische Röhren von 5 und 2,30 m Lichtweite. Ihre Länge beträgt 264 m. Die Sesia schwillt bei Hochwasser zu einem gewaltigen Strome an, welcher 4500 cbm Wasser in der Secunde führt, während sie im Winter und Frühjahre einem Geröllmeere gleicht. Es kam bei dem Bau des Siphons, um demselben eine möglichst grosse Dauer und Sicherheit zu geben, darauf an, den Flusslauf derartig fest zu legen, dass in der Folge keine für den Siphon nachtheilige Veränderungen eintreten können. Zu dem Zwecke wurden oberhalb und unterhalb des Canales kräftige Steinbuhnen aufgeführt, deren gegenüberstehende Köpfe das Flussbett fixiren. Diese Buhnen sind im Bogen derartig geführt, dass sie sich mit ihren landseitigen Enden gegen die Dämme des Canales lehnen und diesen einen sehr wirksamen Schutz verleihen. Derartige Sicherungen sind bei mehreren Unterleitungen des Cavour-Canales ausgeführt worden; an der Sesia wurde ausserdem noch ein 1600 m langer Deich angelegt, um sämmtliches Wasser, welches vordem durch verschiedene Abzweigungen seinen Lauf nahm, in dem regulirten Flussschlauche zu vereinigen.

d. Die Röhrenleitungen.

Häufig ist es erforderlich, kleinere Gräben, wie sie bei localen Ent- und Bewässerungen in Anwendung kommen, auf kurze Strecken unterirdisch zu leiten. In diesem Falle bedient man sich bei Querschnitten bis zu 0,25 qm vortheilhaft der Thon-, Cement-, Asphalt- oder gusseisernen Röhren, während grössere Kaliber aus geeigneten Formsteinen zusammengesetzt werden.

Thonröhren finden die ausgedehnteste und ausschliessliche Anwendung bei der Entwässerung des Bodens durch Drainage (Abschnitt III), bei welcher kurze Röhrenstücke von etwa 0,30 m Länge stumpf an einander liegen und durch ihre Fugen das Wasser des Bodens aufnehmen. Die Weite dieser Röhren beträgt 0,03 bis 0,15 m. Hier

*) Nach Hess, Die Bewässerungsanlagen Oberitaliens, Taf. V. Noch speciellere Angaben über die Bauwerke des Cavour-Canales befinden sich in einer Reihe von Artikeln der Zeitschrift *The Engineer*, Jahrgang 1874, Band 48.

handelt es sich um grössere Kaliber und geschlossene Röhrenstränge, welche das Wasser an dem einen Ende aus einem Bassin oder Graben aufnehmen und am entgegengesetzten abliefern.

Am vorzüglichsten eignen sich zu derartigen Leitungen hartgebrannte glasirte Thonröhren, welche eine ganz unbeschränkte Dauer besitzen und einen beträchtlichen Druck auszuhalten im Stande sind. Die Thonröhren werden entweder mittelst angepresster Muffen oder mittelst übergeschobener cylindrischer Muffenringe gedichtet. Einfacher ist die erstere Methode; jedoch ist zu berücksichtigen, dass wegen des ungleichen Zusammenziehens der Muffe und des Rohres beim Brennen leicht Risse entstehen, welche sich in der Folge nachtheilig geltend machen.

Die Dichtung der Thonröhren mit übergeschobenen Muffen erfolgt in der Weise, dass ein mit Leder bekleideter Stöpsel, dem inneren Durchmesser des Rohres entsprechend, mittelst einer angemessen langen Stange in das Rohr geschoben wird und zwar gerade an dem zu dichtenden Röhrenstosse. Der Stöpsel verhindert das Einfliessen des Dichtungsmaterials in das Innere des Rohres; er muss desshalb genau den Durchmesser des letzteren erhalten und wird mit einem Schmiermaterial, z. B. grüner Seife, bestrichen, um ihn leicht ein- und ausschieben zu können. Als geeignetstes Dichtungsmaterial empfiehlt sich der Cement. Nachdem die Muffe in angemessenem Abstande von den Rohrwandungen durch kleine Keile eingestellt und die innere Wandung angefeuchtet wurde, wird die Mischung von 1 Theil Cement und 1 bis 3 Theilen Sand in die Fuge eingegossen. Erst nach einigen Tagen erhärtet das Dichtungsmaterial vollständig und kann somit das Rohr erst nach dieser Zeit in Benutzung treten. Das Dichten der Röhren mit Cement darf selbstverständlich nicht bei Frostwetter vorgenommen werden. Bei Anwendung von Röhren mit angesetzten Muffen geschieht das Eingiessen des Cementes in gleicher Weise.

Ein Uebelstand der Cementdichtung besteht darin, dass ein Lösen der einzelnen Röhren nur schwer ausführbar und in der Regel mit dem Sprengen der Muffe verbunden ist. Wo desshalb ein Auseinandernehmen der Röhrenleitung vorkommen kann, empfiehlt es sich, einen Asphaltkitt zu verwenden.

Zuweilen setzt man Thonröhren von grösserem Durchmesser (0,30 m Lichtweite) aus einzelnen eigenthümlich geformten Mauersteinen zusammen und verbindet die erzeugte Röhre durch Tonnenreifen. Die Steine werden als Hohlziegel geformt und mit abgerundeten Federn und Nuthen versehen, so dass ein gutes Ineinandergreifen stattfindet.

Cementröhren werden ebenfalls häufig zu unterirdischen Wasserleitungen von geringem Caliber verwendet. Entweder werden dieselben in gleicher Weise wie die Thonröhren hergestellt und an Ort und Stelle zusammengesetzt oder sie werden unmittelbar auf der Sohle des Röhrengrabens erzeugt. In letzterem Falle benutzt man als Form für die Röhren vier Bretter, je 2 m lang, 0,18 m breit, ferner einen hölzerner Kern, 2,15 m lang und von einer Dicke gleich der lichten Röhrenweite und endlich

ein kleines 0,18 m im Quadrat messendes Brett, welches in der Mitte ein Loch von der Grösse des Kernes erhält.

Nachdem der Graben ausgehoben und geebnet ist, stellt man in demselben zwei der erwähnten Bretter 0,18 m weit von einander auf und stützt dieselben ausserhalb mit Steinen; damit sie nicht nach innen fallen, klemmt man zwei Lattenstücke dazwischen. Das eine Ende des so gebildeten hölzernen Canales schliesst man mit dem quadratischen Brette ab und steckt den Kern derartig in dessen Loch, dass die Enden desselben an den beiden Enden der zu bildenden Röhre hervorstehen. Hierauf wird der Canal rings um den Kern schnell mit dem Cementbrei, welchen man mittelst einer Kelle sorgfältig unter den Kern streicht, ausgefüllt und darauf geachtet, dass der Cement den ganzen Hohlraum vollständig erfüllt. Sobald der Cementmörtel nach einiger Zeit anzuziehen anfängt, dreht man den Kern langsam heraus, bis er nur noch 0,03 bis 0,06 m tief in dem eben gegossenen Rohre sich befindet. Inzwischen stellt man das zweite Bretterpaar dicht neben dem ersten ebenso auf wie dieses, schliesst es gleichfalls durch das kleine Brettchen ab, in dessen Oeffnung man wieder den Kern steckt, um wie vorher mit der Herstellung des Rohres fortzufahren. Die ersteren Bretter lässt man so lange stehen, bis das Rohr zwischen dem zweiten Paare vollendet ist.

Asphaltröhren finden ebenfalls in neuerer Zeit vortheilhafte Verwendung für unterirdische Wasserleitungen. Die Fabrication der Asphaltröhren geschieht in der Weise, dass endloses Papier von einer Breite gleich der Länge der Röhren durch geschmolzenen Asphalt hindurchgezogen und auf einen Cylinder, dessen Durchmesser gleich der Lichtweite des zu erzeugenden Rohres ist, so lange aufgerollt wird, bis die erforderliche Wandstärke erreicht ist. Nach Massgabe dieses Aufrollens wird von einem zweiten, stets gleichen Druck ausübenden Cylinder das auf dem ersten Cylinder aufgerollte, mit Asphalt imprägnirte Papier einer starken Pressung ausgesetzt, wodurch eine gleichmässige Vertheilung des Asphalts bewirkt wird. Das Rohr wird sodann vom Kerne heruntergezogen und inwendig mit einem feinen, unauflöslichen, wasserdichten Firniss und auswendig mit einem mit Kies vermischten Asphaltlack überzogen. Die Dicke des verwendeten Papieres beträgt in der Regel ein Drittheil der ganzen Röhrenstärke. Diese Erzeugung der Asphaltröhren bringt es mit sich, dass dieselben keinen zu erheblichen Druck aushalten können; sie genügen aber stets für die hier vorausgesehenen Zwecke.

Die Dichtung der Asphaltröhren geschieht mit Hülfe von Muffen. Entweder schiebt man eine gusseiserne Muffe mit an beiden Enden aufstehenden Rändern über die Stossfuge, legt in die Zwischenräume Kautschukringe und schraubt vor denselben Flantschen. Diese pressen beim Anziehen der Schrauben die Kautschukringe gegen den äusseren Umfang der zu dichtenden Röhren und bewirken so den Abschluss. Oder man schiebt eine cylindrische Muffe über die Stossfuge, nachdem man letztere mit heissem Asphaltmastix bestrichen, centrirt die Muffe, deren lichter

Durchmesser etwas grösser als der äussere der Röhre sein muss, mittelst kleiner Holzkeile und giesst nach Verstreichung der Enden mit plastischem Thon, wobei nur an jedem Ende ein Eingussloch verbleibt, heissen Asphaltmastix in den Zwischenraum. Nach einigen Stunden ist der Einguss erkaltet und so der Röhrenstoss gedichtet.

Gusseiserne Röhren finden bei landwirthschaftlichen Wasserbauten, also namentlich bei Ent- und Bewässerungsanlagen, wegen ihrer Kostspieligkeit nur für kürzere Leitungen Anwendung, da zumeist die Röhren aus den vorerwähnten Materialien genügen. Die Dichtung der gusseisernen Röhren erfolgt in gleicher Weise wie bei den Röhren für städtische Wasserleitungen, zumeist durch Muffen mit Bleiverguss.

Die Wandstärke der Röhren kann nach folgenden Formeln bestimmt werden:

$W = 8{,}44 + 0{,}0011\, d\, a$, für gusseiserne Röhren,
$W = 10 + 0{,}004\, d\, a$, für Asphaltröhren,
$W = 12 + 0{,}005\, d\, a$, für Thonröhren,
$W = 45 + 0{,}054\, d\, a$, für Cementröhren.

In diesen Formeln bezeichnet W die Wandstärke und d den lichten Durchmesser in Millimetern, a den Druck der Flüssigkeit auf die Röhrenwand in Atmosphären.

Es würde demnach ein Rohr an 0,25 m Weite, welches einen inneren Druck von 2 Atmosphären zu erleiden hat, folgende Wandstärken erhalten müssen:

Bei gusseisernen Röhren . . . . 9 mm,
„ Asphaltröhren . . . . 12 mm,
„ Thonröhren . . . . 15 mm,
„ Cementröhren . . . . 72 mm.

Tabelle über die Gewichte gusseiserner Röhren in Kilogramm pro laufendes Meter.

Lichtweite mm	Bei einer Wandstärke von Millimetern				
	10	15	20	25	30
100	25,1	39,3	54,7	71,1	88,8
120	29,6	46,1	63,8	82,5	102,5
140	34,4	52,8	72,9	94,0	116,2
160	38,7	59,8	82,0	105,4	129,8
180	43,3	66,6	91,5	116,6	143,5
200	47,8	73,5	102,2	128,1	157,2
220	52,4	80,2	109,3	139,5	170,8
240	56,9	86,8	118,4	150,9	184,5
260	61,5	94,0	127,6	162,3	198,2
280	66,1	100,8	136,7	173,7	211,8
300	70,6	107,6	144,9	185,1	225,5
325	—	116,2	157,2	199,3	242,6
350	—	124,7	168,5	213,5	259,7
375	—	133,2	179,9	227,8	276,7
400	—	141,8	191,3	241,9	293,8
450	—	158,9	214,1	270,5	328,9
500	—	175,9	236,9	298,9	362,1

F.

DIE BRÜCKEN.

Die Brücke bildet das bequemste und sicherste Communicationsmittel zwischen den beiden Ufern eines Wasserlaufes, gleichzeitig aber einen Theil der Strasse, welche durch diesen getrennt wird. Die Ausführung einer jeden Brücke, namentlich aber derjenigen über grössere Flüsse, erfordert die eingehendsten Vorstudien in Betreff der zweckmässigsten Wahl der Baustelle, der passenden Bemessung des Durchlassprofiles mit Rücksicht auf das Hochwasser und auf den durch etwa nothwendige Flusspfeiler verursachten Rückstau. Es muss ferner für einen guten Anschluss der Brückenbahn an die den Wasserlauf kreuzende Strasse und in Bezug auf die Sicherheit der Construction für die gehörige Widerstandsfähigkeit gegen die stärksten vorkommenden Belastungen und Erschütterungen sowie gegen antreibende Eisschollen Sorge getragen werden. Bei kleinen Fussgängerbrücken über Gräben, Canäle und kleinere Bäche gestalten sich dagegen die Anforderungen in der Regel erheblich einfacher, namentlich wenn der Wasserstand keine beträchtlichen Schwankungen zeigt; es genügt in diesem Falle, das Bauwerk mit Rücksicht auf die Sicherheit in statischer Beziehung und auf eine möglichst lange Erhaltung auszuführen.

Bei der Wahl der Baustelle ist zu berücksichtigen, dass die Brückenachse, wenn möglich, rechtwinklig auf den Wasserlauf gerichtet sein soll, da sich in diesem Falle die Ausführung am einfachsten und billigsten stellt. Zuweilen macht die Erfüllung dieser Anforderung jedoch eine kostspielige Verlegung der Strasse oder eine Regulirung des Wasserlaufes nothwendig, wodurch sich die Kosten wiederum höher stellen und oft mancherlei anderweitige Schwierigkeiten entstehen. Es könnte hier nur der Vortheil resultiren, dass man zuweilen in die Lage kommt, das Bauwerk im Trocknen herzustellen; in der Regel wird aber bei sonst nothwendig werdender Verlegung der Strasse oder des Wasserlaufes die schiefe Brücke vorzuziehen sein, da diese schliesslich derartig ausgeführt werden kann, dass sie allen Anforderungen der Sicherheit und guten

Erhaltung in gleicher Weise wie die normal auf den Wasserlauf gerichtete Brücke entspricht. Der kleinste Schnittwinkel einer schiefen Brücke soll 25 bis 30 Grad betragen.

Es ist ferner bei der Auswahl der Baustelle auf möglichste Sicherung der Ufer und Sohle Rücksicht zu nehmen, da das Wasser im Durchlassprofile der Brücke leicht eine erhöhte Geschwindigkeit annimmt und somit Uferabbrüche und Auskolkungen zu befürchten sind. Dieser Umstand muss namentlich bei der Anlage von Brücken über mangelhaft regulirte Bäche beachtet werden, bei denen es sich häufig als nothwendig ergiebt, gleichzeitig mit dem Bau der Brücke eine angemessene Sicherung der Ufer oberhalb und unterhalb der Baustelle vorzunehmen.

a. Die Durchflussweite der Brücken.

Zur Festsetzung des Brückenprofiles ist vor Allem die Kenntniss der grössten Wassermenge erforderlich, welche das Profil zu passiren hat. Bei Brücken über Canäle ergeben sich in dieser Hinsicht keine Schwierigkeiten, da der Wasserstand in denselben mittelst der Einlassschleuse zu bestimmter Höhe gehalten wird. Dagegen sind bei Bächen und Flüssen die Schwankungen zumeist sehr erheblich und muss die Durchlassweite stets so bestimmt sein, dass das grösste Hochwasser mit nicht zu beträchtlicher Geschwindigkeit abgeführt werden kann. Wird das Profil zu sehr verengt, so bildet sich oberhalb der Brücke ein Stau, welcher zu erhöhter Geschwindigkeit des Wassers, zu Beschädigungen der Ufer und Sohle und bei niedrigen Ufern sogar zu Ueberschwemmungen des angrenzenden Terrains Veranlassung giebt. Bei den hier zu besprechenden Brückenconstructionen ist dies freilich weniger zu befürchten, da wegen der geringen Breite der zu überbrückenden Wasserläufe die das Profil stets verengenden Flusspfeiler zumeist nicht in Anwendung kommen, das Brückengerüst vielmehr blos auf den Landpfeilern sein Auflager findet. Diese verursachen aber nur einen sehr geringen Stau, welcher namentlich dann kaum bemerkbar ist, wenn die Pfeiler bei besonders flachen Ufern etwas zurückgesetzt werden, so dass das Durchlassprofil des Hochwassers bei angemessener Höhe des Brückengerüstes nicht nachtheilig geändert wird.

Die Ermittlung der grössten abzuführenden Wassermenge bietet nach dem im I. Abschnitte Gesagten keine Schwierigkeiten dar. Ist der Wasserlauf regulirt, so dass ein festes Hochwasserbett vorhanden ist, so wird die Geschwindigkeit entweder direct gemessen und die Wassermenge durch Vermessung des Profiles mit Berücksichtigung des höchsten Wasserstandes bestimmt; oder man berechnet die Geschwindigkeit und aus dieser das Wasserquantum nach der Formel

$$v = k\sqrt{RJ}.$$

Ist kein regelmässiges Hochwasserprofil vorhanden, an welchem die Messung vorgenommen werden kann, so bleibt nur übrig, aus der Grösse

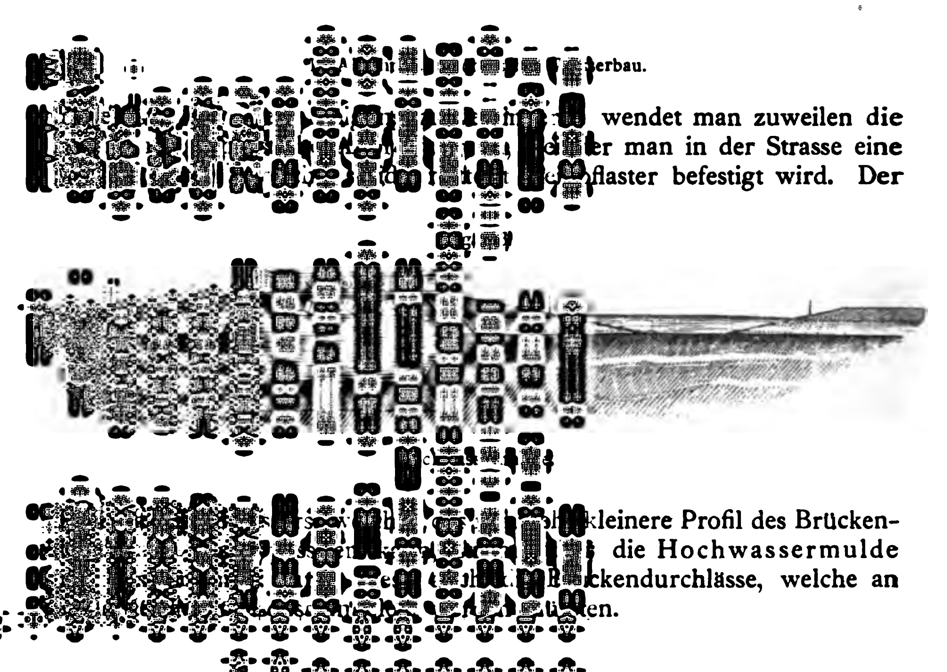
des Niederschlagsgebietes die Wassermenge, welche das Profil der Brücke muthmasslich passiren wird, annähernd zu bestimmen. Die hierzu erforderlichen Angaben sind bereits im I. Abschnitte Seite 31 gegeben worden.

Bei der Bestimmung der Hochwassermenge ist übrigens stets in Erwägung zu ziehen, ob diese sich nicht in Folge von Umständen, welche bereits früher erwähnt wurden, erhöhen könnte. Es gehören hierher die Entwaldungen oder das Auflassen von Sümpfen und Seen, die Vermehrung und Vervollkommnung der Mittel zum schnellen Abführen des Wassers von Ackerflächen, also ausgedehnte Entwässerungen durch offene Gräben oder Drains. Es ist auch andererseits bei Ausführung von Meliorationen, welche direct auf die Beförderung der Vorfluth abzielen, in Betracht zu ziehen, ob nicht durch die ermöglichte schnellere Abführung des Wassers bereits grössere Wassermengen das fragliche Profil passirt haben, ehe das Wasser aus den meliorirten Flächen hinzukommt, so dass hierdurch eine Compensation entsteht. Alle diese Gesichtspunkte müssen bei dem Projectiren einer Brückenanlage in Betracht gezogen werden, ehe zu der Herstellung des definitiven Bauplanes geschritten werden darf.

Bei Brücken mit einem oder mehreren Flusspfeilern muss auch die Contraction des Wassers, welche von der Form der Pfeiler abhängig ist, in Rechnung gezogen werden; der bezügliche Contractionscoëfficient, mit welchem die berechnete Wassermenge zu multipliciren ist, beträgt je nach der Pfeilerform, welche der Bewegung mehr oder minder beträchtliche Hindernisse entgegenstellt, 0,85 bis 0,95. Für Brücken von geringer Spannweite, welche keine Flusspfeiler sondern nur die beiden Landpfeiler erhalten, ist die Contraction derartig unbedeutend, dass sie nicht in Betracht kommt.

In gleicher Weise wie das Profil des Brückendurchlasses nicht zu eng gewählt werden darf, ist auch eine zu beträchtliche, die Geschwindigkeit des Wassers erheblich verlangsamende Erweiterung des Profiles unzulässig. Es würde dieses eine Verflachung der Sohle in Folge des Niederschlages zur Folge haben, welche wiederum mancherlei Nachtheile, wie die Nothwendigkeit häufiger Räumungen, Erhöhung des Wasserstandes, event. Erschwerung der Schifffahrt u. s. w. mit sich führt. Die geringste zulässige Geschwindigkeit richtet sich nach der Qualität der vom Wasser mitgeführten Sinkstoffe und variirt nach Seite 56 zwischen 0,20 und 0,45 m per Secunde.

Bei Flüssen, deren grösste Hochwassermengen im Vergleiche zu dem Mittelwasser sehr bedeutende sind, ist es oft nothwendig, die Fahrbahn der Brücken ausserordentlich hoch zu legen, um das angemessene Durchlassprofil für den vielleicht innerhalb einer grösseren Reihe von Jahren nur einige Male vorkommenden höchsten Wasserstand zu erhalten. Es hat diese Anordnung den Uebelstand zur Folge, dass, um die Höhe der Brücken-Fahrbahn zu erreichen, die Steigung der Strasse sehr beträchtlich wird, was namentlich bei stark befahrenen Strassen, auf welchen regelmässig grosse Lasten transportirt werden, von schwerwiegendem Nach-



… wendet man zuweilen die
… r man in der Strasse eine
… flaster befestigt wird. Der

… kleinere Profil des Brücken-
… die Hochwassermulde
… kendurchlässe, welche an
… en.

… Brücken.

… eilern mit ihrer Fundirung
… Das Brückengerüst enthält
… r und die Brückenbahn.
… erscheiden wir hölzerne,
… Welches dieser Materialien
… m Zwecke der Brücke, der
… n und dem zur Verfügung
… n sind die dauerhaftesten,
… eiten wie eiserne Brücken;
… breite mehr Flusspfeiler als
… nnütz verengt wird. Die
… rbahn eine ziemlich hohe
… n im Anschlusse derselben
… estatten die beträchtlichsten
… n; ihre Dauer ist eine sehr
… keine zuverlässigen, ver-
… cken, für geringe Spann-
… n die billigsten; in Betreff
… Brücken erheblich nach.
… ion, solide Ausführung und
… auer von 75 bis 125 Jahren
… rnen Brücken nur 25 bis
… iche oder harte Hölzer in
… onstruction, namentlich den



Verbänden und der Sorge für den Wasserablauf, dem Anstriche und überdies von dem Umstande, ob die Holztheile mit antiseptischen Substanzen imprägnirt sind.

Die Breite der Brücken richtet sich nach der Bedeutung der überzuführenden Strasse, jedoch sucht man dieselbe stets so viel wie zulässig einzuschränken. Je nachdem die Brücke für das Passiren eines Fuhrwerkes oder zweier sich auf derselben ausweichenden Fuhrwerke eingerichtet ist, erhält dieselbe eine Breite von 3 bis 8,5 m und Seitenwege für Fussgänger von 0,75 bis 1,5 m Breite.

Die Brückenbahn erhält in der Regel eine horizontale Lage: eine Neigung wird derselben nur ausnahmsweise gegeben, wenn die Uferanschlüsse oder die Gefällsverhältnisse der Strasse dies erforderlich machen; jedoch muss in diesem Falle die für die Strasse zulässige Maximalsteigung auch auf der Brückenbahn eingehalten werde.

1. Die hölzernen Brücken.

Die Brücken mit hölzernem Brückengerüst werden entweder mit hölzernen oder steinernen Pfeilern construirt. Erstere heissen Joche und dem entsprechend die Brücken mit hölzernen Unterstützungen und hölzerem Brückengerüst Jochbrücken.

Man unterscheidet Ufer- oder Landjoche, d. h. solche, welche das Brückengerüst an den beiden Ufern unterstützen, und Flussjoche, welche bei grösserer Spannweite angewendet werden, um zwischen den Ufern weitere Unterstützungen des Brückengerüstes zu bilden. Das Joch wird aus einer Reihe von eingerammten, in der Strömungsrichtung des Wassers gestellten Pfählen gebildet, deren Abstand von einander 0,75 bis 1,25 m, bei leichten Brücken bis 2 m beträgt. Entweder werden die Pfähle erst unmittelbar unter dem Brückengerüst verholmt oder es wird direct über der Flusssohle ein Holm aufgelegt und auf diesem das sogen. Oberjoch aufgerichtet. Das Unterjoch führt in diesem Falle den Namen Grundjoch. Dasselbe bleibt demnach stets unter Wasser, so dass sich die etwa nothwendig werdenden Erneuerungen auf das Oberjoch beschränken. Die Stärke der Jochpfähle richtet sich nach ihrer Höhe und beträgt

bei 2 bis 3 m Höhe 0,20 bis 0,25 m,
„ 3 „ 4 „ „ 0,25 „ 0,30 „
„ 4 „ 6 „ „ 0,30 „ 0,35 „

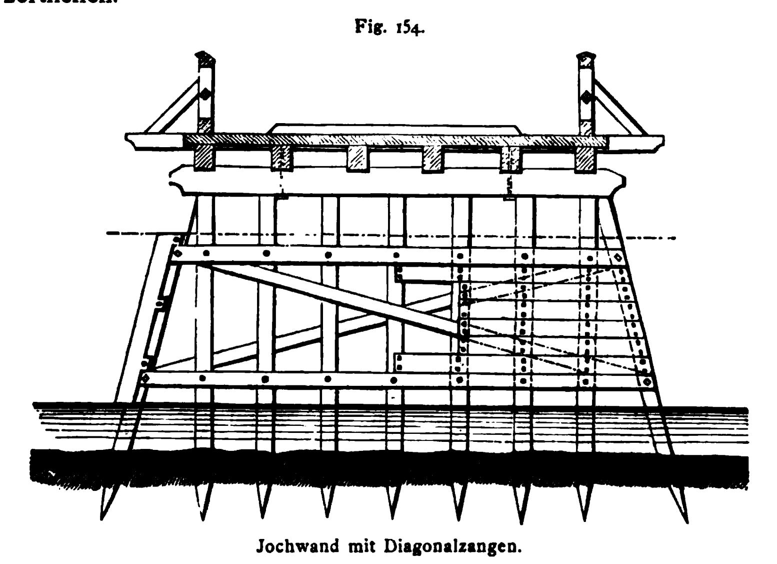
Bei einer Höhe der Jochpfähle über 3 m werden die Joche durch horizontale und diagonale Zangen (Andreaskreuze) verstrebt.

Die Uferjoche werden durch Flügelwände, welche aus eingerammten Pfählen mit dahinter liegender Verbohlung bestehen, an das Ufer ober- und unterhalb der Brücke angeschlossen. Auch hinter dem eigentlichen Joche muss eine Bohlenbekleidung zum Schutze des Erdreiches angebracht werden. Die Flügelwände werden entweder recht-

winklig auf das Joch oder in schräger Richtung unter mehr oder minder stumpfem Winkel angelegt. Erstere Anordnung wird gewöhnlich in dem Falle gewählt, dass die Strasse sich nicht über dem Terrain erhebt.

Die Anordnung der Flussjoche ist im Principe dieselbe wie die der Landjoche; sie gewähren den massiven Flusspfeilern gegenüber den Vorzug, dass sie das Profil nur wenig verengen, bedürfen dagegen einer besonders zuverlässigen Sicherung gegen Eisschollen, falls solche zu erwarten sind. Zu diesem Zwecke werden stromaufwärts in der Längenrichtung des Joches Pfähle eingerammt, welche oben einen schrägliegenden Balken, den Eispfahl, tragen. Die äussere Kante desselben wird häufig noch mit einem Beschlage aus Eisen armirt, um die Schollen zu zertheilen.

Fig. 154.



Jochwand mit Diagonalzangen.

Fig. 154 zeigt die Jochwand einer stärkeren Brücke mit Diagonalzangen.

Massive Unterstützungen des Brückengerüstes werden als Landpfeiler oder Uferpfeiler und Mittelpfeiler oder Flusspfeiler, erstere am Ufer, letztere zwischen den Landpfeilern, angeordnet. Sie müssen solide fundirt und gegen Unterwaschung gesichert sein. An den Landpfeilern schliessen sich Flügelmauern an und zwar entweder im rechten oder stumpfen Winkel zur Stromrichtung, je nachdem der Uferanschluss am vortheilhaftesten zu erreichen ist. Die Pfeiler werden entweder aus Werkstücken, Bruch- oder Backsteinen oder aus einer Combination dieser Steingattungen hergestellt.

Die Stärke der Landpfeiler bestimmt sich nach dem Drucke der Hinterfüllungserde wie bei Futtermauern. Die untere Stärke kann im

Allgemeinen gleich $^1/_3$ der Höhe angenommen werden; nach oben hin nimmt die Stärke um etwa $^1/_5$ ab. Zweckentsprechende Stärken der Uferpfeiler sind folgende:

Höhe.	Stärke	
	unten.	oben.
m	m	m
1,80	0,60	0,50
2,50	0,90	0,70
3,10	1,10	0,80
3,80	1,30	1,00
4,40	1,60	1,20
5,00	1,80	1,40
5,60	2,00	1,60
6,20	2,20	1,70
7,50	2,70	2,10

Massive Flusspfeiler kommen nur bei grösseren Spannweiten vor; sie erhalten gewöhnlich einen rechteckigen Querschnitt mit abgerundeten oder zugespitzten Vorköpfen. Zuweilen finden bei hölzernen Brücken mit massiven Landpfeilern in der Mitte hölzerne Flussjoche zur besseren Unterstützung des Brückengerüstes Anwendung.

Das Brückengerüst der hölzernen Brücken kann in sehr verschiedener Weise angeordnet werden; die wichtigsten sich nach dieser unterscheidenden Brückensysteme sind die Balkenbrücken, die Hängewerksbrücken und die Sprengwerksbrücken.

Die Balkenbrücken. Das Gerüst wird aus einer Anzahl auf den Jochholmen oder auf hölzernen Mauerbänken der massiven Pfeiler ruhenden Balken gebildet, deren Entfernung von Mitte zu Mitte 0,75 bis 1,10 m beträgt. Dieselbe ist abhängig von der Spannweite, der höchsten vorkommenden Belastung und der Stärke der Balken. Die Fahrbahn wird entweder aus einem einfachen oder doppelten Bohlenbelage oder aus diesem und einer Beschotterung von etwa 0,15 m Höhe hergestellt. Bei Brücken für Strassen mit geringem Verkehre wird nur eine Bahn, welche gleichzeitig für Fuhrwerke und Fussgänger dient, für Strassen mit lebhaftem Verkehre werden getrennte Bahnen für beide und zwar letztere mittelst einer Bedielung etwas erhöht und an den Seiten angelegt. Für grössere Spannweiten, d. h. solche über 6 m, benutzt man anstatt der einfachen Balkenbrücken solche mit verzahnten oder verdübelten Balken, welche bis zu einer Spannweite von 12 m verwendbar sind.

Die Anzahl und Stärke der Balken richtet sich nach der höchsten vorkommenden Belastung und der Spannweite der Brücke. Die Belastung setzt sich zusammen aus der ständigen Belastung, d. h. dem

Gewichte des Brückengerüstes einschliesslich der Fahrbahn bezw. der Bedeckung für die Fusswege und der veränderlichen Belastung. Letztere fällt am grössten aus, wenn die Brücke dicht mit Menschen besetzt ist; die Belastung beträgt in diesem Falle 360 kg per Quadratmeter Grundfläche zwischen den Geländern. In Folge der Stösse beim Rollen der Räder über Unebenheiten der Fahrbahn empfiehlt es sich, die veränderliche Belastung auf 500 kg pro Quadratmeter anzunehmen. Hierzu kommt eine gleichfalls in Rücksicht zu ziehende Schneedecke, welche bis 100 kg per Quadratmeter der Brückentafel betragen kann.*)

Die Stärke und Anzahl der Balken wird auf Grund der ermittelten Gesammtbelastung nach der Formel

$$Q = s\,\frac{b\,h^2}{l}$$

bestimmt, in welcher Q die Belastung des Balkens in kg, b die Breite und h die Höhe des Balkens in cm und l die Spannweite in m bezeichnen. Der Werth s beträgt für Balken aus Kiefernholz 0,93, für eichene Balken 1,46. Das Verhältniss der Breite zur Höhe des Balkens nimmt man vortheilhaft gleich 5 : 7, so dass $b = 0{,}71\,h$ gesetzt werden kann. Alsdann ergiebt sich für Balken aus Kiefernholz

$$Q = 0{,}66\,\frac{h^3}{l}$$

und

$$h = 1{,}145\,\sqrt[3]{Q\,l.}$$

Beispiel: Für eine hölzerne Balkenbrücke von 6 m Spannweite, deren Gerüst aus 6 kiefernen Balken gebildet wird, sei die höchste vorkommende Belastung, einschliesslich des im Voraus geschätzten Eigengewichtes, auf 12 000 kg ermittelt worden. Welche Abmessungen müssen die Balken erhalten?

Da jeder der 6 Balken eine Last von 2000 kg zu tragen hat, so erhalten wir:

$$\text{h} = 1{,}145\sqrt[3]{2000\,.\,6} = 26{,}2 \text{ cm}$$

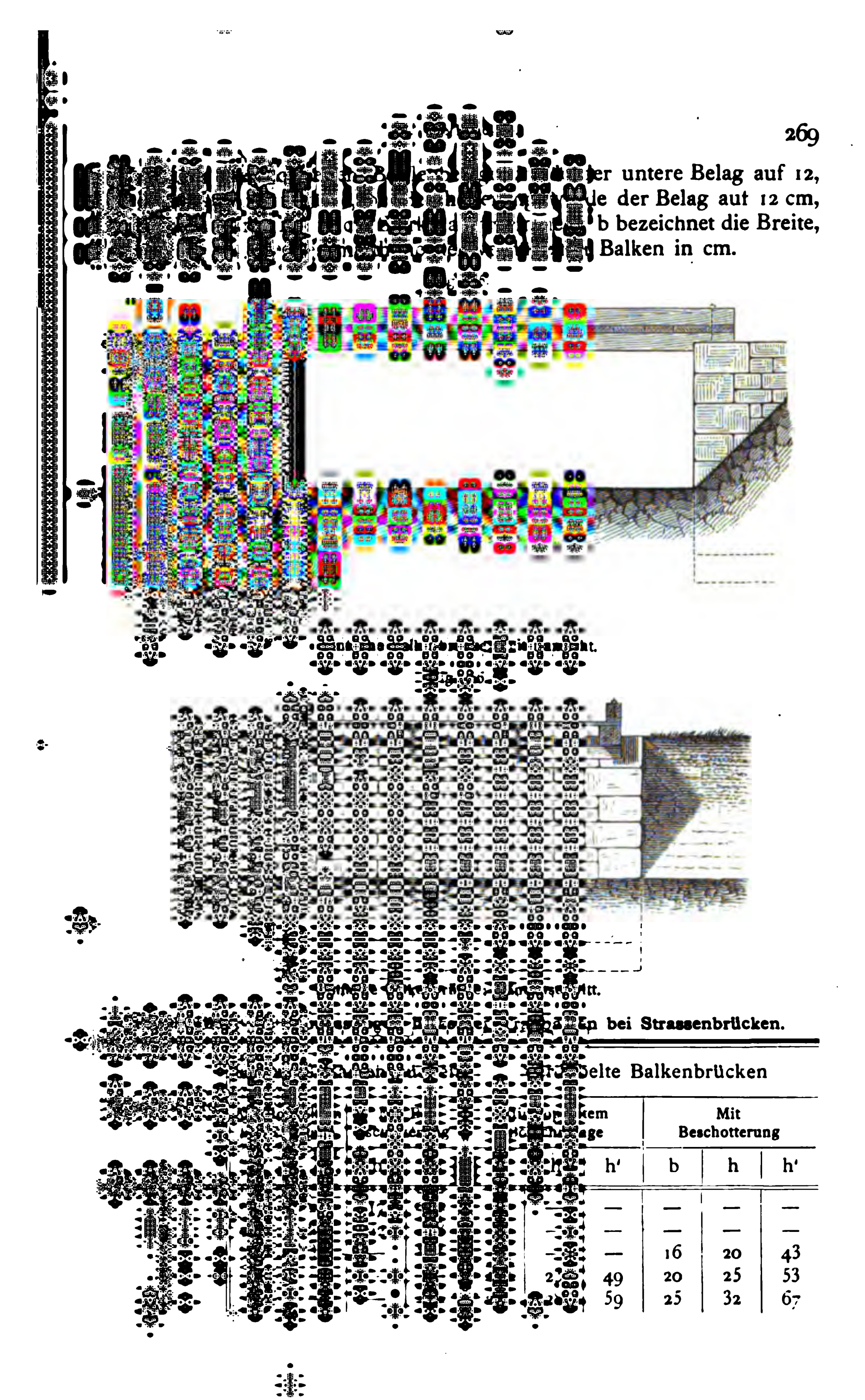
und demnach b = 0,71 h = 18,6 cm.

In der folgenden Tabelle sind die gewöhnlichen Abmessungen der Tragbalken hölzerner Strassenbrücken angegeben**) und zwar sowohl mit einfachen als auch mit verdübelten Balken; bei letzteren wurde der Abstand der beiden übereinander liegenden Balken gleich 3 cm an-

*) In Districten, in welchen Dampfpflüge in Function sind oder Aussicht vorhanden, dass solche demnächst eingeführt werden, sollte bei der Berechnung des Brückengerüstes auf das hohe Gewicht der zugehörigen Locomotiven — bis 17000 kg — Rücksicht genommen werden.

**) Vergl. den Artikel „Brücke" in Karmarsch' und Heeren's technischem Wörterbuche, Band II, Seite 103; Prag 1876.

…er untere Belag auf 12,
…e der Belag auf 12 cm,
…b bezeichnet die Breite,
…Balken in cm.



…ht.

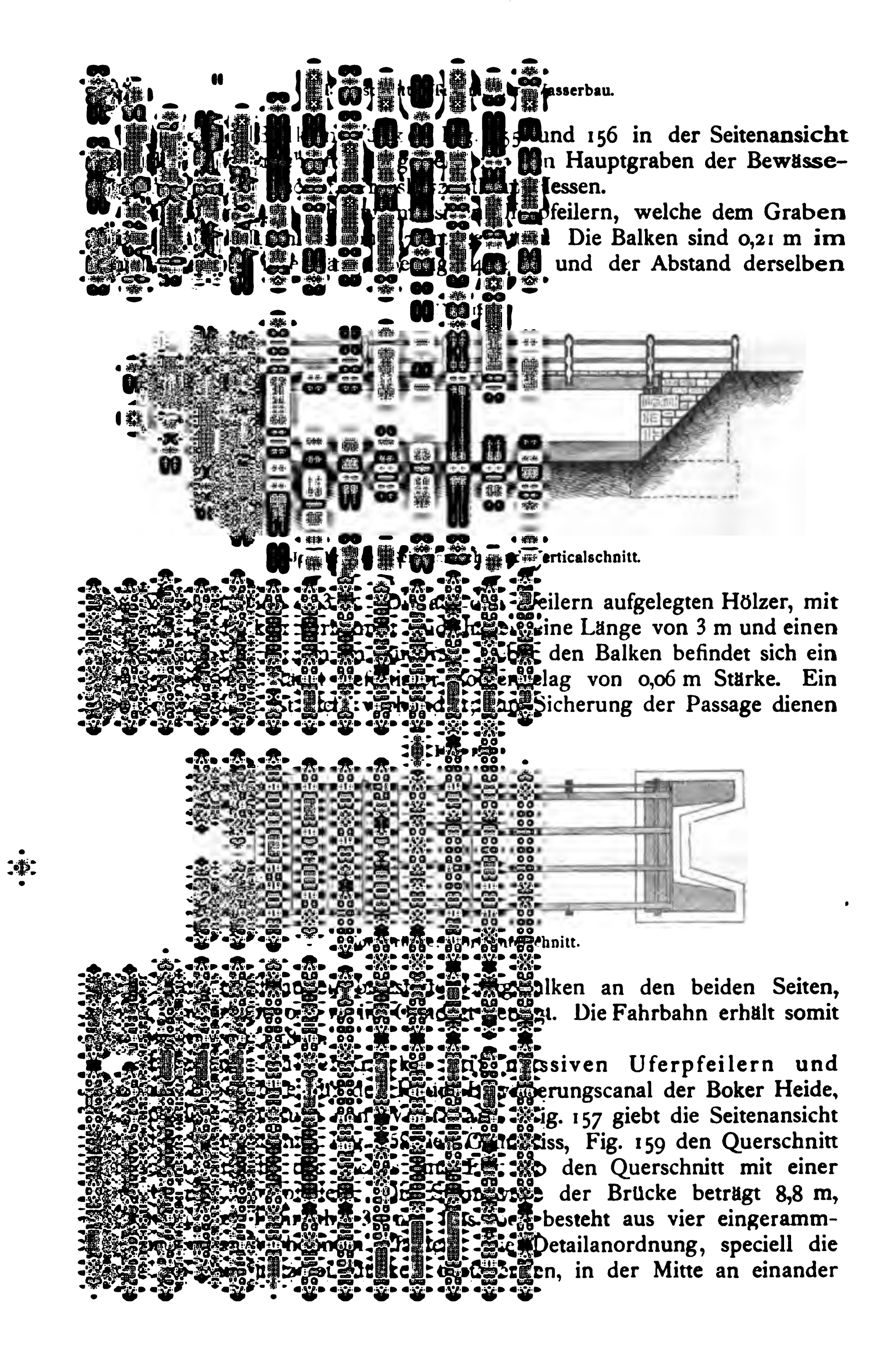
…tt.

…n bei Strassenbrücken.

…elte Balkenbrücken

…kem …ge	Mit Beschotterung		
h'	b	h	h'
—	—	—	—
—	—	—	—
—	16	20	43
49	20	25	53
59	25	32	67

…und 156 in der Seitenansicht
…n Hauptgraben der Bewässe-
…Hessen.
…pfeilern, welche dem Graben
… Die Balken sind 0,21 m im
… und der Abstand derselben



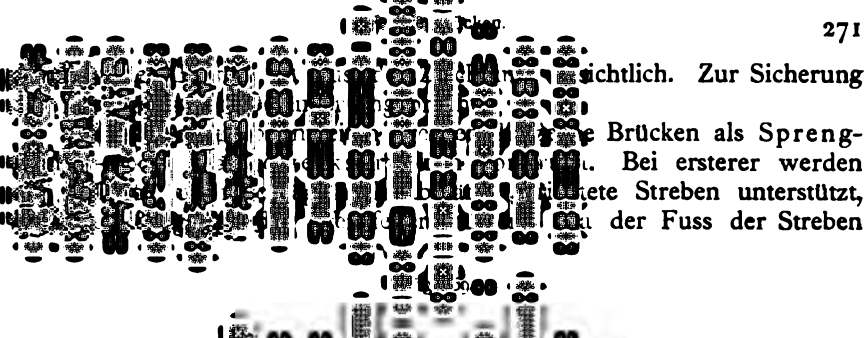
…erticalschnitt.

…eilern aufgelegten Hölzer, mit
…ine Länge von 3 m und einen
… den Balken befindet sich ein
…lag von 0,06 m Stärke. Ein
…Sicherung der Passage dienen

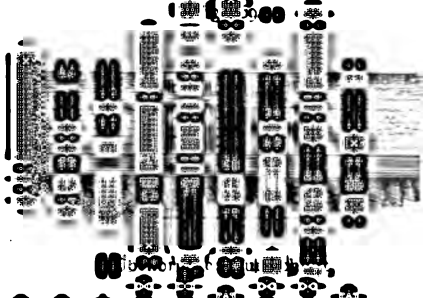
…hnitt.

…lken an den beiden Seiten,
… Die Fahrbahn erhält somit

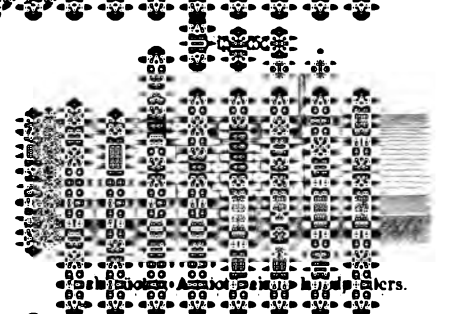
…ssiven Uferpfeilern und
…rungscanal der Boker Heide,
…ig. 157 giebt die Seitenansicht
…iss, Fig. 159 den Querschnitt
… den Querschnitt mit einer
… der Brücke beträgt 8,8 m,
…besteht aus vier eingeramm-
…Detailanordnung, speciell die
…en, in der Mitte an einander



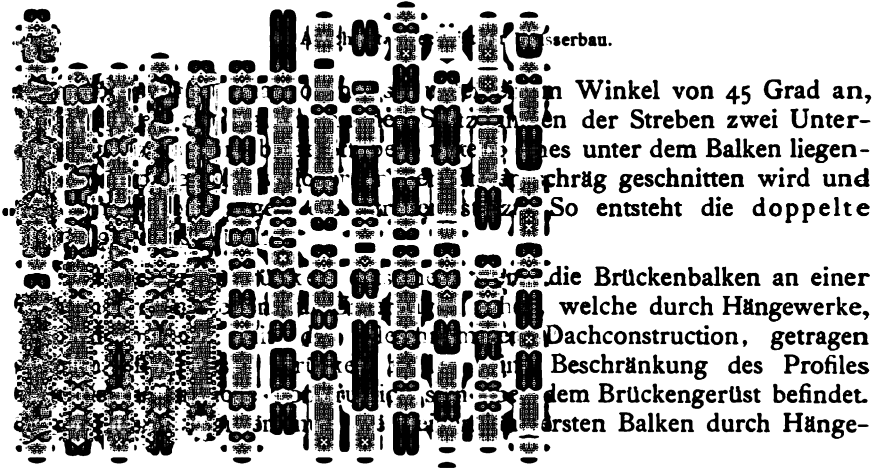
... ichtlich. Zur Sicherung
... e Brücken als Spreng-
... Bei ersterer werden
... ete Streben unterstützt,
... der Fuss der Streben



... Sprengwerksbrücken nur
... en zulässig. Andernfalls
... öhe erhalten, was häufig
... wendig machen würde.
... ücken zeigt Figur 161 in
... einer Brücke von 7,5 m

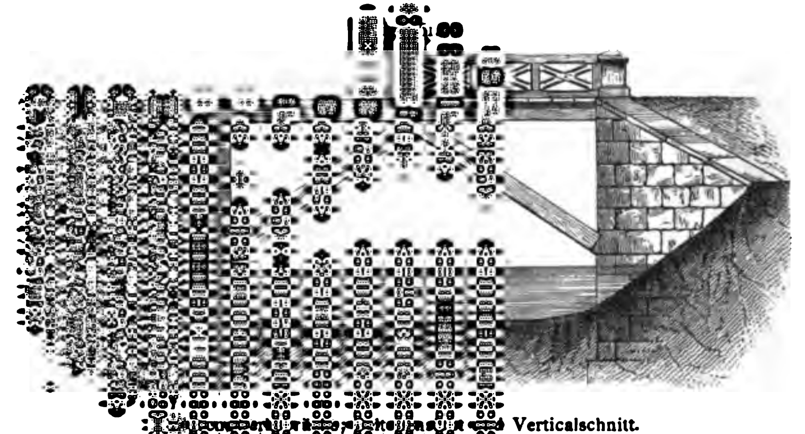


... in der Mitte zusammen-
... chtung einen Theil des
... müssen somit besonders
... ausgeübten Horizontal-
... etzen. Die Stärke der-
... m.
... stossen, wird häufig ein
... beträchtlicher Länge der
... Verstärkung der ersteren
... ben nicht in der Mitte



... Winkel von 45 Grad an, ... der Streben zwei Unter- ... es unter dem Balken liegen- ... chräg geschnitten wird und ... So entsteht die doppelte

... die Brückenbalken an einer ... welche durch Hängewerke, ... Dachconstruction, getragen ... Beschränkung des Profiles ... dem Brückengerüst befindet. ... rsten Balken durch Hänge-



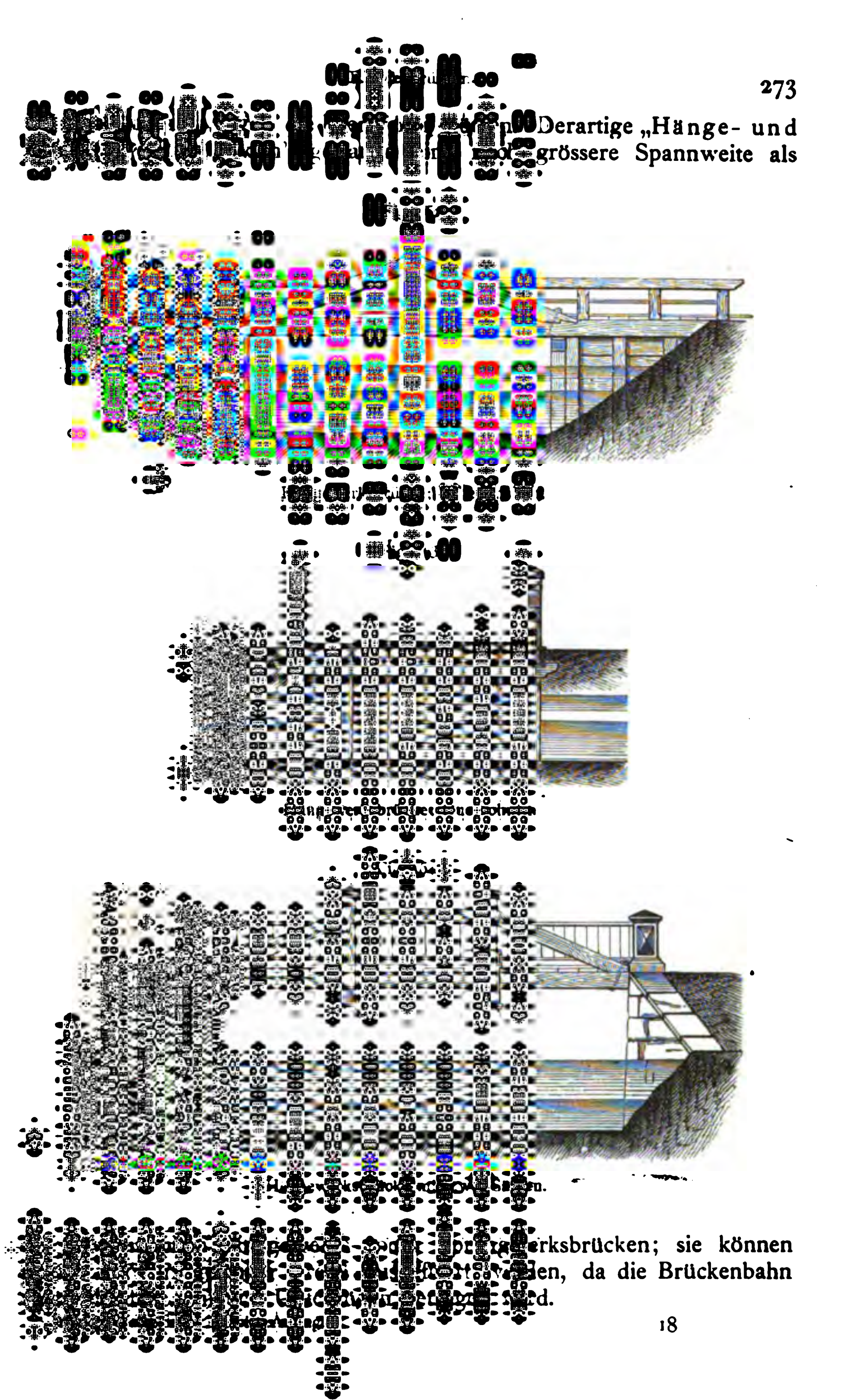
... Verticalschnitt.

... her Spannweite wird jedoch ... gebracht, durch welches als-

... brücken ist in Fig. 162 und ... r solchen mit einer Hänge- ... Verticalschnitt einer Brücke ... teren, welche auf hölzernen ... m, bei letzterer mit massiven ... Hängesäulen wird die Länge

... t, wenn nur eine geringe ... ist, wenn ferner Flussjoche ... zu erwarten sind. ... nem Sprengwerke derartig ... rhalb der Balken fortgesetzt

… Derartige „Hänge- und … grössere Spannweite als …

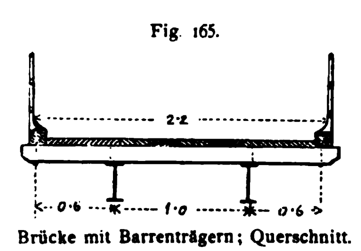


… rksbrücken; sie können … den, da die Brückenbahn … d.

2. Die eisernen Brücken.

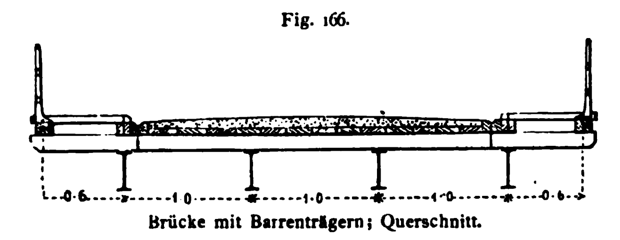
Der Unterbau der eisernen Strassenbrücken besteht fast allgemein aus massiven Pfeilern in der Seite 266 besprochenen Anordnung; nur bei grösseren Strombrücken wird in neuerer Zeit auch Eisen als Baumaterial für die Pfeiler verwendet. Als tragende Construction werden vornehm-

Fig. 165.



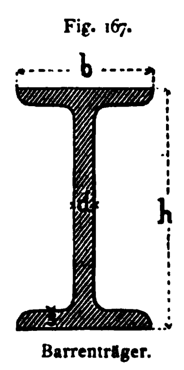
Brücke mit Barrenträgern; Querschnitt.

Fig. 166.



Brücke mit Barrenträgern; Querschnitt.

Fig. 167.



Barrenträger.

lich Balkenträger benutzt und zwar in derartiger Anordnung, dass jeder Balken aus einem Stücke gebildet wird, in welchem Falle derselbe den Namen Barrenträger führt. Nur bei grösseren Spannweiten finden die anderen Systeme der Balkenträger, Blechträger und Gitterträger, Verwendung. Hier können nur die weit verbreiteten Barrenbrücken dargestellt werden, während in Betreff der sonstigen Brückenconstructionen mit eisernem Gerüst auf die Specialwerke des Brückenbaus verwiesen werden muss.

Fig. 165 und 166 zeigen die Querschnitte von Brücken mit Barrenträgern aus gewalztem Schmiedeeisen in I förmigem Querschnitte. Die Anordnung stimmt mit derjenigen der hölzernen Balkenbrücken überein; zur Herstellung der Fahrbahn werden Querträger aus Holz oder Schmiedeeisen oder Platten aus Wellblech aufgelegt und auf diesen die Fahrbahn mittelst Bohlenbelag oder eines solchen und einer Beschotterung gebildet, wie in den beiden Durchschnitten dargestellt ist.

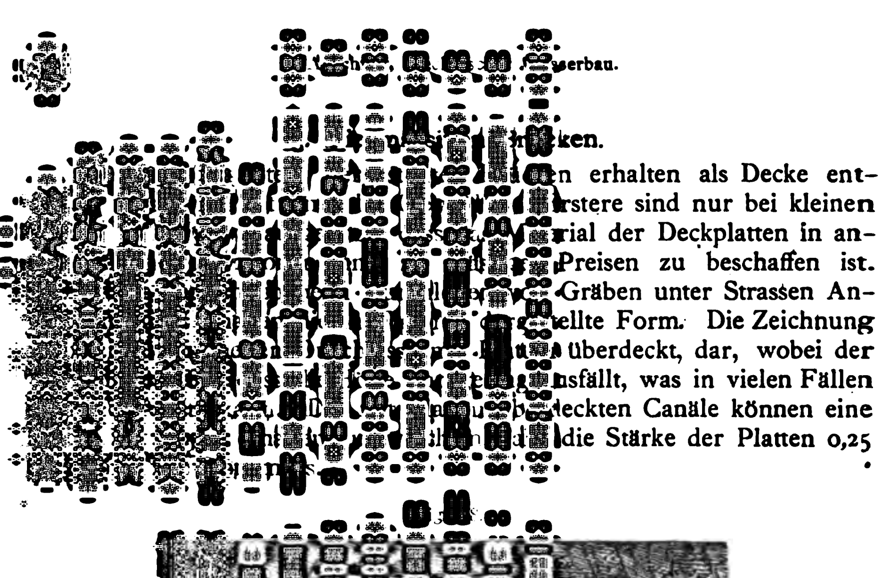
Die Barren werden von den Eisenwerken in bestimmten Abmessungen geliefert, welche bei der Verwendung zu Grunde gelegt werden müssen. Die Höhe der Barren *h*, Fig. 167, variirt zwischen 10 und 40 cm, die Dicke des Steges *d* zwischen 0,5 und 2 cm und die Breite der Flantschen *b* zwischen 5 und 15 cm, ihre Stärke *s* zwischen 0,7 und 2 cm.

Die nachfolgende Tabelle*) giebt für 8 Barrenquerschnitte (nach den Calibern der Burbacher Hütte) die entsprechenden Stützweiten; darunter verstanden die Lichtweite + 0,3 m. Bei Vicinalweg-Brücken ist die grösste mobile Belastung als von Menschengedränge, bei Chausseebrücken von Frachtfuhrwerk im Gewichte von 10 000 kg herrührend angenommen worden. Die Tabelle enthält gleichzeitig das Gewicht der Barren pro laufendes Meter in den verschiedenen Profilen, wonach mit Zugrundelegung des häufig wechselnden Einheitspreises die überschläglichen Kosten ermittelt werden können.

Tabelle der zulässigen Stützweiten für Strassenbrücken mit schmiedeeisernen I Trägern.

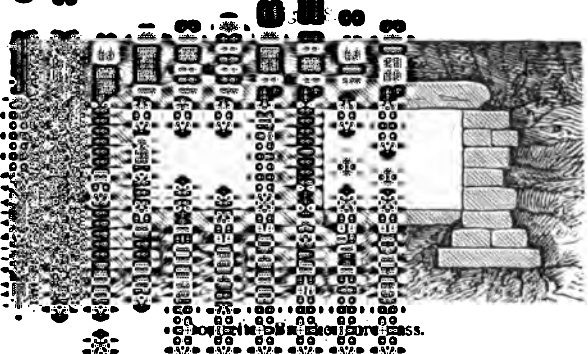
Barrenquerschnitte i. cm (Bedeutung der Buchstaben siehe Fig. 167)				Gewicht der Barren pro laufendes Meter	Zulässige Stützweite der Brückenträger			
					Fusswege	Vicinalweg-Brücken mit Bohlenbelag	Chausseebrücken	
h	b	d	s	kg	m	m	mit Bohlenbelag m	beschottert m
10,0	5,0	0,50	0,70	9,00	3,4	2,3	—	—
12,5	7,5	0,60	0,80	14,50	4,8	3,4	1,0	—
15,0	8,0	0,70	0,95	18,50	6,0	4,2	1,4	1,3
19,0	9,1	0,90	1,10	26,25	7,4	5,2	2,2	2,0
19,8	9,9	0,95	.,25	32,00	8,5	6,2	3,0	2,7
25,0	11,5	1,10	1,35	43,25	10,8	7,9	4,8	4,1
30,0	12,5	1,30	1,55	57,75	13,0	9,6	7,0	5,8
32,0	13,6	1,60	1,90	75,50	14,8	11,2	8,2	7,2

*) Mit Benutzung des Artikels „Brücke“ in Karmarsch' und Heeren's technischem Wörterbuche, Band II, Seite 83.



…ken.

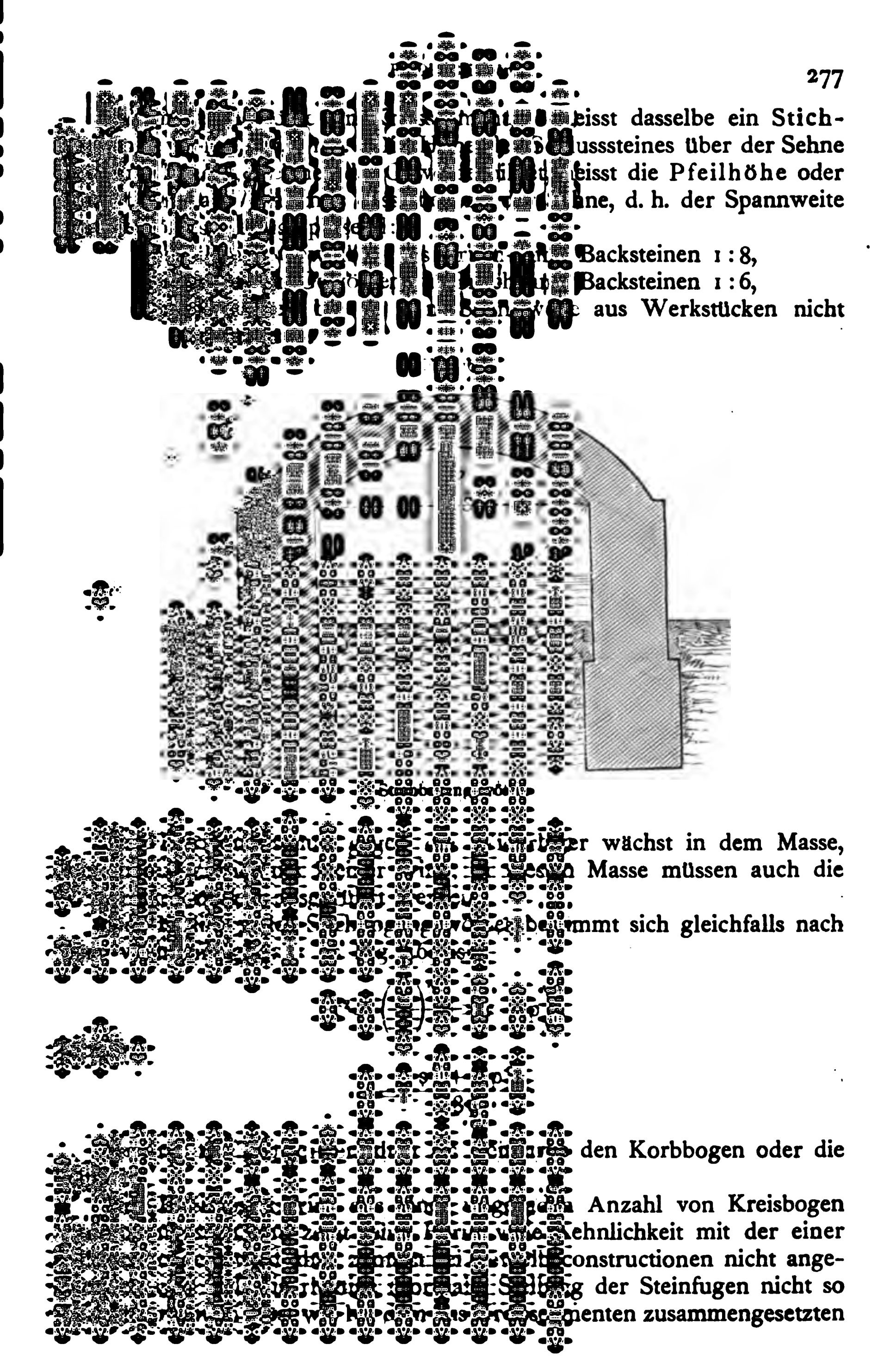
…n erhalten als Decke ent-
…rstere sind nur bei kleinen
…rial der Deckplatten in an-
…Preisen zu beschaffen ist.
…Gräben unter Strassen An-
…tellte Form. Die Zeichnung
…überdeckt, dar, wobei der
…nsfällt, was in vielen Fällen
…deckten Canäle können eine
…die Stärke der Platten 0,25



…ss.

… die Decke massiver Brücken
…d Anordnung je nach dem
…wischen dem Wasserspiegel
…Brücke, die grösste Mannig-

… Leibungsfläche, ist bei
…n Kreissegment, eine Ellipse
… Gewölbes auf den Wider-
…r Horizontalebene.
…bebogen besitzen den Uebel-
…onshöhe verlangen, so dass
…pfeiler anwenden muss, wo
…ndpfeiler genügen. Letztere
…Vorzug; sie bedürfen auch
…der Gewölbezwickel als die
…rlagspfeiler für volle Bogen
…geringerer Stärke ausgeführt
…n.



…eisst dasselbe ein Stich-
…ussteines über der Sehne
…eisst die Pfeilhöhe oder
…ne, d. h. der Spannweite

…Backsteinen 1 : 8,
…Backsteinen 1 : 6,
…aus Werkstücken nicht

…r wächst in dem Masse,
…Masse müssen auch die

…mmt sich gleichfalls nach

…den Korbbogen oder die

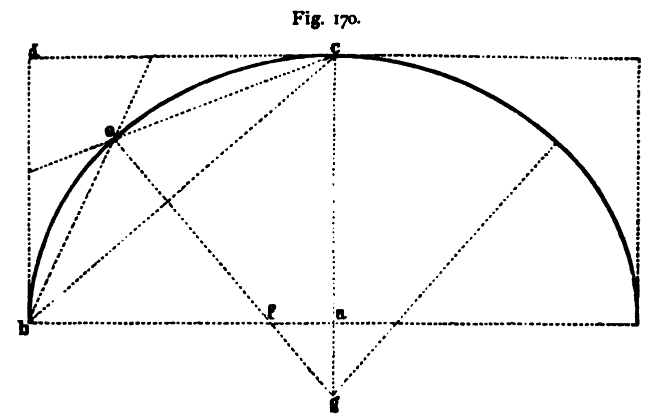
…Anzahl von Kreisbogen
…Aehnlichkeit mit der einer
…constructionen nicht ange-
…g der Steinfugen nicht so
…menten zusammengesetzten

Korbbogen. Es giebt eine grosse Anzahl von Korbbogen-Constructionen, bei welchen stets die Spannweite und der Pfeil gegeben sein müssen; zweckentsprechend für kleinere Brückengewölbe ist folgende (Fig. 170):

Ist *a b* die halbe Spannweite und *a c* der Pfeil, so construire man das Rechteck *a b c d*, ziehe die Diagonale *cb* und halbire die Winkel *c b d* und *b c d*. Durch den Schnittpunkt *e* der beiden Halbirungslinien ziehe man, normal auf *b c*, die Linie *e g*, so sind *f* und *g* die Mittelpunkte der Kreise, aus welchen der Korbbogen gebildet wird.

Die Gewölbestärke richtet sich nach dem auf dem Gewölbe lastenden Drucke und der Widerstandsfähigkeit der Steine. Der Druck nimmt

Fig. 170.



Construction des Korbbogen-Gewölbes.

vom Schlusssteine nach den Kämpfern hin zu, mithin ist nach diesem hin das Gewölbe zu verstärken. Am Schlusssteine kann die Gewölbestärke von Brücken annähernd $= 0{,}2 \sqrt{s} + 0{,}1$ m angenommen werden, also

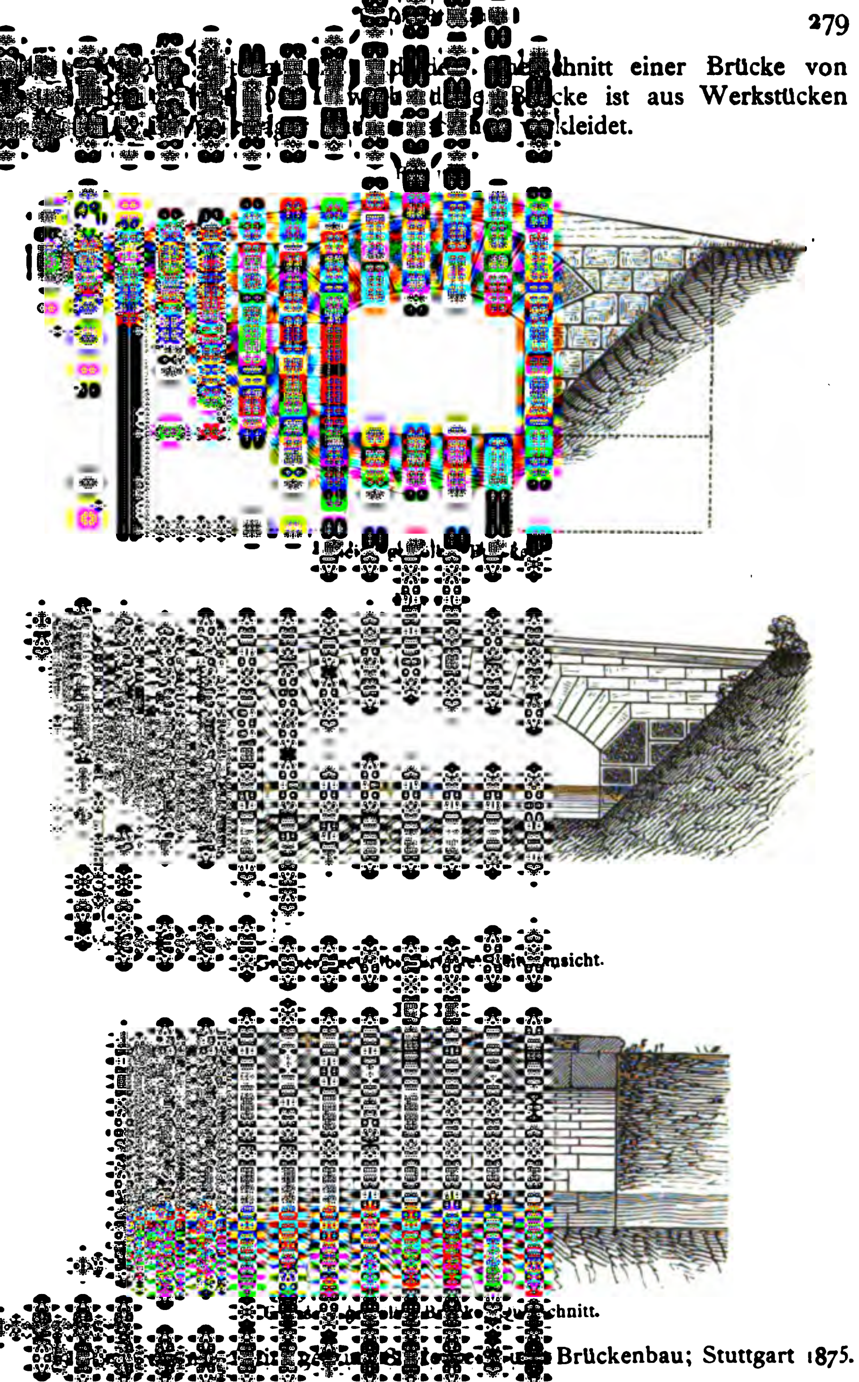
bei	3	4	5	6	m Spannweite
auf	0,45	0,50	0,55	0,60	m.

An den Kämpfern beträgt die Gewölbestärke der Strassenbrücken $\frac{4}{3}$ derjenigen am Schlusssteine. Die Stabilität der Construction wird überdies durch die über den Widerlagern im Anschlusse an das Gewölbe aufgeführte Hintermauerung verstärkt.

Die Stärke der Widerlager beträgt passend: bei Halbkreisbogen $\frac{1}{5}$ der Spannweite, bei Stich- und gedrückten Bogen, wenn $\frac{p}{s}$ bis $\frac{1}{4}$, gleich $\frac{1}{4}$ s; wenn $\frac{p}{s}$ über $\frac{1}{4}$, gleich $\frac{2}{7}$ s.

Fig. 171 bis 173 zeigen die Construction einiger Gewölbbrücken, Fig. 171 die Seitenansicht einer kleinen Brücke von 0,75 m. Spannweite für einen Zuleitungsgraben der Bewässerungsanlagen in Seehof, Fig. 172

[illegible] chnitt einer Brücke von [illegible] cke ist aus Werkstücken [illegible] kleidet.



[illegible] nsicht.

[illegible] chnitt.

[illegible] Brückenbau; Stuttgart 1875.

Der Bau des Gewölbes erfolgt mittelst eines Lehrgerüstes, d. h. eines hölzernen Gerüstes, dessen äussere Fläche die Leibungscurve des Gewölbes darstellt. Dasselbe wird in geeigneter und den localen Verhältnissen entsprechender Weise aufgestellt, bei grösseren Flussbrücken zumeist derartig, dass der Verkehr auf dem Wasser nicht unterbrochen wird, d. h. als hängendes, bei kleineren Wasserläufen, namentlich Canälen und Gräben, als stehendes Lehrgerüst. Letzteres wird bei den kleineren Brückenbauten vorwiegend benutzt. Seine Construction richtet sich im Wesentlichen nach der Spannweite und der Schwere des auf dem Lehrgerüste lastenden Gewölbes; bei kleineren Spannweiten wird dasselbe in einfachster Weise aus Brettern zusammengenagelt. Die Aufstellung der Lehrbogen muss stets mit grösster Genauigkeit erfolgen, weil von dieser die richtige Form des Gewölbes abhängt. Es ist hierbei zu beachten, dass Gewölbe von grösserer Spannweite, namentlich mit flachen Bogen, sich nach erfolgter Abrüstung um Einiges senken, so dass das erfahrungsmässige Mass dieser Senkung bereits bei der Aufstellung des Lehrgerüstes in Berücksichtigung gezogen werden muss. Bei kleineren, namentlich halbkreisförmigen Gewölben bis zu 5 m Spannweite und bei guter technischer Ausführung ist die Senkung derartig gering, dass sie nicht berücksichtigt zu werden braucht; bei grösseren Dimensionen beträgt dieselbe

für hängende Lehrgerüste von guter Ausführung $f = 0{,}019\ (s-p)$,
" " " " mittelguter " $f = 0{,}010\ (s-p)$,
" stehende " " guter " $f = 0{,}005\ (s-p)$,

wenn f die Senkung, s die Spannweite und p den Pfeil bedeuten. Man nimmt auch im Allgemeinen das Setzen des Gewölbes ohne Rücksicht auf die Construction des Lehrgerüstes bei halbkreisförmigen Bogen auf $^1/_{144}$, bei gedrückten auf $^1/_{100}$ der Spannweite an.

III. ABSCHNITT.

DIE ENTWÄSSERUNG.

A.
DIE SÜMPFE.

Unter einem Sumpfe versteht man einen Boden, in welchem Wasser stagnirt, das auf natürliche Weise nicht oder nicht rechtzeitig abgeführt werden kann. Im ersteren Falle liefert der Boden zumeist keinen, im zweiten einen unsicheren und stets kümmerlichen Ertrag.

Die Qualität des versumpften Bodens ist häufig eine derartig vorzügliche, dass derselbe nach Beseitigung des überschüssigen Wassers in überaus fruchtbares Acker- oder Wiesenland verwandelt werden kann. Die Entwässerung ist demnach im Stande, dem Boden entweder überhaupt erst einen Ertragswerth zu verleihen oder diesen auf das Vielfache des früheren zu steigern. In vielen Fällen übt ein versumpftes Terrain nur schädliche Einflüsse aus, welche sich auch auf die Umgebung desselben erstrecken: die Ausdünstungen der durch die abwechselnde Feuchtigkeit und Trockenheit in Fäulniss übergehenden organischen Stoffe erzeugen Fieberkrankheiten (Malaria), so dass Epidemien unter Menschen und Thieren zumeist regelmässige Erscheinungen auf ausgedehnten Sumpfgebieten sind. Die spärlichen Erträge verursachen andauernde Verarmung der Bevölkerung und erzeugen ein Proletariat, wie dies in manchen Sumpf- und Moorgebieten in erschreckender Weise zu Tage tritt. Die Steuererträgnisse derselben sind oft so verschwindend, dass das Gebiet lediglich eine Last, und oft eine sehr drückende, für den Staat wird.

Aus diesem Grunde wenden alle Culturstaaten die grösste Fürsorge der Beseitigung von Sumpfgebieten zu; vielfach unterstützen die Regierungen die von Genossenschaften oder einzelnen Grundbesitzern projectirten Meliorationen oder führen solche in eigener Regie aus. In den meisten Fällen ist jedoch mit der einfachen technischen Ausführung der Entwässerung das anzustrebende Ziel noch keinesweges erreicht. Um nach der Trockenlegung den nunmehr ertragsfähigen Boden erfolgreich bewirthschaften zu können, bedürfen die in Folge des früheren Zustandes verarmten Besitzer oder etwaige Colonisten der nachhaltigen Unter-

stützung in Gestalt von Vorschüssen, Steuerfreiheit auf eine Reihe von Jahren u. s. w., um die Vortheile der Melioration in rechter Weise ausnutzen zu können. Es zeigen sich diese häufig erst nach einer langen Reihe von Jahren und zwar am deutlichsten, wenn ausdauernde, sparsame und womöglich bemittelte Landwirthe sich auf dem entsumpften Gebiete ansiedeln, diesem die fehlenden Nährstoffe durch angemessene Düngung zuführen, die geeigneten Culturgeräthe, das Saatgut, Vieh und anderes, zum rationellen Betriebe der Wirthschaft erforderliche Inventar beschaffen können.

Oft leidet ein culturunfähiger Boden abwechselnd an zu grosser Nässe und Dürre; zur Bestellzeit bildet derselbe einen Sumpf, während im Hochsommer die wenigen erzeugten Culturpflanzen an zu grosser Trockenheit zu Grunde gehen. Mit anderen Worten, das in das Gebiet gelangende Wasser wird nicht rechtzeitig abgeführt, während in der Zeit, in welcher die Pflanzen zu ihrer Entwicklung der Feuchtigkeit bedürfen, diese nicht in hinlänglichem Masse zur Verfügung steht. Es ist ferner zu berücksichtigen, dass manche Bodenarten, z. B. fette Thonböden, nach erfolgter Trockenlegung zuweilen ihre äussere Beschaffenheit in nachtheiligster Weise ändern; bei eintretender Hitze entstehen weite, oft klaffende Spalten und Risse, welche die Wurzeln der angebauten Pflanzen zerreisen und die Erträge wiederum erheblich reduciren. Eine rationelle Entwässerung darf demnach niemals den Boden in diesen Zustand überführen; in den angedeuteten Fällen muss sie verbunden werden mit einer Bewässerungseinrichtung, so dass man den in der Dürrezeit eintretenden Mangel an Wasser beseitigen kann. Viele neuere Meliorationsprojecte combiniren demnach die Entwässerung mit der Bewässerung, wodurch die Möglichkeit gegeben wird, den Grad der Feuchtigkeit zu reguliren und je nach Bedürfniss die eine oder andere Einrichtung in Function zu setzen.

Die Arbeiten für grössere Entsumpfungen lassen sich in Meliorationen erster und zweiter Ordnung trennen. Erstere umfassen die Arbeiten für Zurückhaltung des Wassers, welches von höher gelegenen Gebieten in das Sumpfterrain treten würde, ferner die Beschaffung der zur Trockenlegung nothwendigen Vorfluth und die Herstellung der grösseren Entwässerungscanäle, welche das überschüssige Wasser eines ausgedehnten Gebietes abführen. Die Begrenzung des zu entwässernden Terrains erfolgt zumeist nicht nach den Besitzverhältnissen, sondern nach der Begrenzung der Sumpffläche. Dieser Umstand bedingt, dass in der Regel eine Anzahl von betheiligten Grundbesitzern zu einer Entwässerungsgenossenschaft zusammentreten muss und zwar diejenigen, deren versumpfter Grundbesitz in Folge seiner natürlichen Lage auf billigste und einfachste Weise nur gemeinschaftlich trocken gelegt werden kann. Die Gesetzgebung der meisten Länder gestattet unter gewissen Umständen eine zwangsweise Hineinbeziehung derjenigen Grundstücke, deren Besitzer sich nicht freiwillig an der Ausführung betheiligen wollen, sobald

die Melioration denselben mit zu Gute kommt und nur durch ein gemeinsames Wirken aller Betheiligten durchgeführt werden kann. In vielen Fällen ist es zweckentsprechend, mit der technischen Melioration eine den neuen Verhältnissen angepasste Zusammenlegung der Grundstücke einzuleiten, da durch Verlegung von Wasserläufen oder durch Neuherstellung von solchen die Begrenzungen der einzelnen Besitzungen verändert oder Grundstücke, welche in der Bestellung und Beerntung vortheilhaft nur als ein Ganzes behandelt werden können, getrennt werden.

In der Regel bereiten die Regulirung dieser sowie die zu berücksichtigenden Rechtsverhältnisse bei der Bildung der Genossenschaft, sobald ein Theil der betheiligten Grundbesitzer dem Unternehmen Widerspruch entgegensetzt, der Ausführung grössere Schwierigkeiten als die zu überwindenden technischen Hindernisse.

Die Melioration zweiter Ordnung umfasst die Hineinbeziehung der einzelnen Grundstücke in das Entwässerungsproject. Bei dieser handelt es sich um die locale Trockenlegung mittelst der geeignet erscheinenden Leitungen, offener Gräben oder Drainröhren, welche durch die Meliorationsanlage erster Ordnung die Vorfluth erhalten.

In vielen Fällen ist die natürliche Lage des Terrains eine derartig günstige, dass die Vorfluth zur Ableitung des anzusammelnden Wassers vorhanden ist, während trotzdem der Boden der künstlichen Trockenlegung bedürftig ist. Dieser Fall tritt z. B. häufig bei schwer durchlassenden Böden ein, von welchen das im Frühjahre beim Schmelzen des Schnees sich ansammelnde Wasser nicht rechtzeitig entfernt wird. Hier handelt es sich demnach nur um die locale Entwässerung sowie um die Ableitung etwa in die Niederung eintretenden fremden Wassers. Die Melioration gestattet sich mithin erheblich einfacher, als wenn zunächst für die Beschaffung der erforderlichen Vorfluth Sorge zu tragen ist.

a. Die Entstehung der Sümpfe.

Bei der Anfertigung eines Entwässerungsprojectes ist es in erster Reihe erforderlich, die Ursachen der Versumpfung, die sehr verschiedenartig sein können, festzustellen. Oft concurriren mehrere Umstände, welche zu der Versumpfung Veranlassung gegeben haben und deren Ermittlung nicht immer ganz leicht ist. Selbstverständlich darf die Melioration eines versumpften Terrains niemals eingeleitet werden, bevor man sich nicht volle Klarheit über die Ursachen des stauenden Wassers verschafft hat.

Häufig entsteht die Versumpfung lediglich durch den Umstand, dass Tage- oder Grundwasser oder beides in schwer durchlassenden Boden eindringt und aus diesem nicht abfliessen kann, so dass die Entfernung nur allmählig durch den Verdunstungsprocess erfolgt. Ferner tritt eine Versumpfung leicht ein, sobald von aussen, entweder von höher gelegenen Gebieten oder aus einem Flusse, Wasser in die Niederung gelangt, in

letzterem Falle entweder als Seihwasser (Seite 18) oder bei eingedeichtem Terrain als Kuverwasser (Seite 182). In diesen Fällen muss für eine Fernhaltung oder Ableitung des Wassers Sorge getragen werden.

Die häufigste Ursache der Versumpfung ist Mangel an Vorfluth, unter dieser Bezeichnung die Abflussmöglichkeit des Wassers in einen tiefer gelegenen oder tiefer zu legenden Recipienten verstanden. Die in den Thalwegen der Erdoberfläche vorhandenen Rinnen, Bäche und Flüsse sowie etwa vorhandene Seen bilden für ihre Niederschlagsgebiete die natürlichen Recipienten, die Vorfluthgerinne zur Aufnahme des von dem Boden oberirdisch oder unterirdisch abfliessenden Wassers. Dies bedingt, dass der Thalweg des Wasserlaufes die tiefste Stelle zwischen den begrenzenden Wasserscheiden einnimmt. Sobald sich aus irgend einer Ursache, deren wir im II. Abschnitte eine grössere Anzahl kennen gelernt haben, der Wasserstand des Flusses oder Sees derartig erhöht, dass eine Ableitung des Wassers von den angrenzenden Ländereien nicht möglich ist, verlieren diese ihre natürliche Vorfluth. Das Wasser staut sich in dem Boden an; eine Entfernung desselben findet nur beim zeitweiligen Sinken des Wasserspiegels zu der angemessenen Tiefe oder, falls dieses nicht eintritt, ausschliesslich durch die Verdunstung statt. Wir haben bereits kennen gelernt, dass diese in den Zeiten, in welchen der Boden zur Bestellung geeignet sein muss, also im Frühjahre, bei Weitem nicht im Stande ist, das durch das Schmelzen des Schnees angesammelte Wasser rechtzeitig zu entfernen; der Boden wird demnach versumpfen.

Die Ursachen der Erhöhung der Wasserstände, welche bereits früher entwickelt wurden, sollen hier noch einmal übersichtlich zusammengestellt werden. Am häufigsten tritt eine Erhöhung der Flusssohlen und der Wasserstände an den Ausmündungen der Ströme ein, wo die feineren Schlicktheile, welche der Wasserlauf mit sich führte, zum Niederschlage kommen. Das anliegende Land erhält hier sehr häufig eine tiefere Lage als der Strom und verliert somit seine natürliche Entwässerung. In gleicher Weise können Krümmungen des Flusslaufes eine Erhöhung der Flussbetten bewirken, da dieselben stets eine Verminderung des relativen Gefälles und somit eine Verzögerung der Geschwindigkeit zur Folge haben, wodurch andernfalls schwebend gehaltene feste Stoffe zum Niederschlage kommen. Ueberdies hebt sich auch der Wasserstand in dem gekrümmten Flusslaufe selbst ohne Erhöhung der Sohle, da die Wassermenge stets langsamer abgeführt wird als bei geradem Flusslaufe.

Bei eingedeichten Flüssen nimmt das durch die Deiche gegen Ueberfluthung geschützte Land nicht Theil an den Erhöhungen, welche durch den Niederschlag der schwereren, mit dem Wasser mitgeführten Sinkstoffe im Aussenlande erfolgen; überdies erhöht sich der Stand des Hochwassers in Folge der Einschränkung des Fluthprofiles. Das Binnenland verliert demnach im Laufe der Zeit leicht, namentlich bei zu engen Hochwasserprofilen, seine natürliche Vorfluth. Selbst wenn bei Mittelwasser die Abwässerung des eingedeichten Gebietes noch erfolgen kann,

so steigt häufig das Hochwasser zu derartiger Höhe über dem Terrain, dass die Siele längere Zeit hindurch, bis zum Sinken des Hochwasserstandes, geschlossen werden müssen.

Tritt das Hochwasser in der Zeit ein, in welcher das eingedeichte Land dringend der Trockenlegung bedarf, so entstehen in der Regel erhebliche Verluste, namentlich wenn ersteres lange andauert, so dass die Entwässerungsschleusen längere Zeit hindurch geschlossen gehalten werden müssen.

Die Erhöhung des Wasserstandes eines Flusses hat stets das gleiche bei den einmündenden Bächen zur Folge; sie bildet für diese einen Stau und bewirkt, dass sich der Wasserstand des Nebenflusses ebenfalls heben muss. Aus diesem Grunde und wegen der an der Einmündungsstelle häufig erfolgenden Erhöhungen des Flussbettes (Seite 43) entstehen hier vielfach Versumpfungen des angrenzenden Landes, deren wirksame Beseitigung nur durch Regulirung des Haupt- und Nebenflusses ermöglicht wird.

Die erwähnten Ursachen der Versumpfungen treten in neuerer Zeit in erheblich gesteigertem Masse ein als früher. Sowohl die Verlandungen an den Ausmündungen der Ströme als auch die Erhöhungen der Flussbetten im Binnenlande zeigen diese Erscheinung. Die Beschaffung der Vorfluth wird immer schwieriger, so dass die künstliche Wasserhebung von Jahr zu Jahr ausgedehntere Anwendung bei der Trockenlegung versumpfter Gebiete findet. Der Grund für diese bedenkliche Erscheinung ist in erster Reihe in den immer mehr überhand nehmenden Entwaldungen zu suchen. Ausgedehnte Wälder, namentlich auf hängigem Boden, halten das Wasser bei starken Niederschlägen zurück, so dass dasselbe in den Boden einsinken kann und nur langsam, in Folge der Filtration fast frei von mechanisch mitgeführten festen Stoffen, den Bächen und Flüssen zugeführt wird. Von kahlen Flächen stürzt das auffallende Wasser dagegen weit schneller herab, wobei es beträchtliche Steinmassen und aufgelockertes Erdreich mit sich reisst. Es muss hierbei berücksichtigt werden, dass man in dem Masse, wie der Ackerbau an Ausdehnung gewann, auch mehr und mehr für eine schnelle Abführung des Wassers Sorge trug und diese auf jede Weise, z. B. durch gewölbte Beete, Wasserfurchen, offene Gräben oder Drains, zu befördern suchte. So werden grosse Mengen der fruchtbarsten Bodenbestandtheile in die Flüsse und Ströme geschwemmt, welche weiter abwärts, bei verminderter Geschwindigkeit, zum Niederschlage gelangen und dem Boden für künftige Zeiten die Vorfluth rauben.

Endlich ist eine der häufigsten Ursachen der Versumpfung das Vorhandensein von Stauanlagen in den Wasserläufen, welche vornehmlich zum Zwecke der Etablirung von Triebwerken hergestellt wurden. Wie bereits erwähnt (Seite 191), entstehen durch Stauwerke leicht Versumpfungen des angrenzenden Landes, namentlich bei Flüssen mit geringem Gefälle und wenig eingeschnittenen Betten. Wenn auch

in den meisten Ländern Vorschriften über die Höhe der Stauziele bestehen, welche unter Anderem den Zweck verfolgen, Nachtheile für das oberhalb gelegene Terrain zu verhüten und überdies den Stauberechtigten die Verpflichtung aufgelegt wird, die Stauwerke zu erniedrigen oder gänzlich zu beseitigen, sobald der Rückstau Versumpfungen zur Folge hat, so sind diese Verpflichtungen zumeist an derartige, die Stauberechtigten begünstigenden Bedingungen geknüpft, dass eine Erniedrigung oder Beseitigung nur schwer und in diesem Falle stets mit erheblichem Kostenaufwande zu erreichen ist.

b. Die Kennzeichen der Versumpfung.

In den meisten Fällen ist es nicht erforderlich, nach besonderen Kennzeichen zu suchen, aus welchen die Bodennässe gefolgert werden kann. Gewöhnlich steht für den Besitzer und für jeden aufmerksamen Beobachter die Thatsache der Versumpfung so fest, das genauere Untersuchungen zum Zwecke der Constatirung derselben nicht nothwendig sind.

Als derartige äussere Kennzeichen, welche um so grössere Sicherheit in der Folgerung gewähren, je mehr sie vereint auftreten, sind zu erwähnen: Versumpfungen von derartiger Stärke, dass Menschen und Vieh tief eintreten, dass das Wasser in den erstellten Furchen zusammenfliesst, nach dem Regen sehr schwer und langsam entfernt wird, so wie das Vorkommen vieler Unkräuter, der Disteln, Quecken, Ranunkeln, Binsen u. s. w. Bei solchen Kennzeichen ist der Boden sicher der Trockenlegung bedürftig.

Es giebt jedoch auch Böden, welche auf der Oberfläche ziemlich gut abtrocknen und dennoch, namentlich im Frühjahre und nach anhaltendem Regen, im Untergrunde derartig nass bleiben, dass das Wachsthum der Pflanzen erheblich beeinträchtigt wird. Hier lässt sich die Versumpfung zumeist ebenfalls nach äusserlichen Kennzeichen feststellen. Ein kümmerlicher Stand der Culturgewächse, wenn nicht Armuth des Bodens an Nährstoffen diesen veranlasst hat, häufiges Auswintern und spätes Reifen des Getreides, fahle, ungesunde Farbe desselben, lassen mit Sicherheit auf überschüssige Nässe des Bodens schliessen. Kommen Quellen vor, so zeigen sich dieselben, falls sie sich nicht direct durch das Hervortreten des Wassers bemerkbar machen, durch dunkel gefärbte Stellen auf dem gepflügten Acker; dieselben behalten noch ihre Feuchtigkeit, wenn der Boden der Umgebung bereits vollständig abgetrocknet ist. Selbst wenn diese dunklen Stellen bei anhaltender Dürre verschwinden, so treten sie gewöhnlich nach jedem stärkeren Regen wieder deutlich sichtbar hervor. Auch durch langsames Schmelzen des Schnees im Frühjahre zeichnen sich solche Stellen gewöhnlich aus.

Ist man im Zweifel, ob der Boden der Trockenlegung bedürftig ist, so gräbt man Probelöcher und beobachtet den Wasserstand in denselben. Die Tiefe dieser Löcher muss 1,50 bis 2 m betragen. Laufen diese so-

gleich oder nach anhaltendem Regen voll oder stellt sich das Wasser auf etwa 0,50 m unter der Oberfläche, so ist der Boden versumpft; selbst bei einem Abstande von 0,75 m unter der Oberfläche ist gewöhnlich noch die Entwässerung angezeigt. Dieselbe ist um so nothwendiger, je mehr die Bodenbeschaffenheit die Capillar-Attraction befördert, je höher also das Wasser durch diese ansteigt.

Um den Einfluss des Grundwassers auf den Wasserstand im Boden kennen zu lernen, müssen die Probelöcher längere Zeit hindurch beobachtet werden; dieselben können gleichzeitig dazu dienen, die Lagerungsverhältnisse des Untergrundes kennen zu lernen. Für diesen Zweck müssen jedoch die Beobachtungen unmittelbar während des Grabens der Löcher angestellt werden, da diese nach dem Eintreten des Wassers sehr erschwert und bei starken Zuflüssen sogar unmöglich gemacht werden. Es empfiehlt sich, derartige Probelöcher namentlich an den oberen Begrenzungen des zu meliorirenden Terrains sowie an besonders verdächtigen, muthmasslich quelligen Stellen zu graben; an ersteren würde sich gleichzeitig ergeben, wie tief etwaige Auffanggräben oder Kopfdrains (siehe weiter unten) anzuordnen sind, um ein sicheres Abfangen des unterirdischen Wasserstromes zu bewerkstelligen. Sollen Probelöcher längere Zeit hindurch beobachtet werden, so setzt man in dieselben hölzerne Röhren von dreieckigem oder quadratischem Querschnitte ein, weil andernfalls bald ein Nachstürzen der Wandungen stattfinden würde. Des leichteren Auffindens wegen und um ein Verschütten bei der Bearbeitung des Bodens zu verhüten, lässt man diese Röhren etwas über der Oberfläche des Terrains hervorstehen.

c. Die Nachtheile der Bodennässe für die Vegetation und die Vortheile der Trockenlegung.

1) Die stauende Nässe im Boden versperrt der Luft den Zutritt zu demselben; es kann demnach der Oxydationsprocess, die Zubereitung der Pflanzennahrung, nur sehr unvollkommen stattfinden. Anstatt derselben bilden sich schädliche Verbindungen, welche für das Gedeihen der Culturpflanzen von erheblichem Nachtheile sind oder dasselbe gänzlich hindern.

2) Für die Entwicklung der Pflanzen ist ein gewisses Mass Wärme erforderlich, welches dem Boden durch die erwärmte Luft und die direct auffallenden Sonnenstrahlen zugeführt wird. Die stauende Nässe erschwert die nothwendige Erwärmung des Bodens in erheblichstem Masse, indem das Wasser als schlechter Wärmeleiter diese beschränkt und ausserdem viel Wärme vom Wasser gebunden wird. Die Erwärmung erfolgt demnach später als auf trockenem Boden, so dass die Vegetation verspätet wird.

3) Das im Boden befindliche Wasser ist im steten Verdunsten begriffen. Die hierzu nothwendige Wärme muss der Umgebung, für den

vorliegenden Fall also dem Boden und der umgebenden Luft, entzogen werden, wodurch eine lebhafte Abkühlung stattfindet (Verdunstungskälte). Nach Kopp*) beträgt die Temperaturverminderung, welche nasser Boden in Folge der Wärmeentziehung bei der Verdunstung und des ad 2) erwähnten Umstandes erleidet, 5 bis 8 Grad Celsius. Nasser Boden ist demnach gleichbedeutend mit kaltem Boden. Die Pflanzen bedürfen der Wärme gerade in der Vegetationszeit und in dieser ist auch die von der Verdunstung herrührende Wärmeentziehung am beträchtlichsten.

Die Spätfröste treten am leichtesten auf nassem Boden auf; in der Regel kann man den von ihnen verursachten Schaden aufs deutlichste und stärkste an den versumpften Stellen der Aecker wahrnehmen.

4) Durch das im Boden stagnirende Wasser wird derselbe gegen das Eindringen des Regenwassers undurchlassend. Dasselbe kann demnach seine vortheilhaften Wirkungen, vornehmlich das Bereichern des Bodens mit den im Regenwasser erhaltenen Nährstoffen sowie die Beförderung der Luftcirculation, nicht ausüben. Jeder Tropfen, welcher in den Boden eindringt, eröffnet der atmosphärischen Luft einen Canal; die Zuführung derselben zu dem Boden ist demnach wesentlich der mechanischen Wirkung des Regenwassers zu danken.

5) Die Bearbeitung feuchten Bodens ist eine erheblich schwerere als die des trockenen. Verfasser hat bei vielfach wiederholten Kraftmessungen an Pflügen im Durchschnitte gefunden, dass unter sonst gleichen Umständen, d. h. bei gleichem Boden, gleicher Pflugconstruction und gleichem Furchenquerschnitte, die Zugkraft um 25 bis 30 Procent gesteigert wird, wenn der Boden viel Feuchtigkeit enthält, ganz abgesehen davon, dass die Bearbeitung nassen Bodens niemals eine so vollkommene werden kann als trockenen Bodens. Die gewendeten Erdstreifen bleiben in sich geschlossen; eine Krümelung, wie sie bei angemessener Trockenheit erreicht wird, findet nicht statt. Die Ursache sowohl der schwereren als auch der unvollkommeneren Arbeit ist in der vermehrten Adhäsion der feuchten Erdtheilchen zu suchen, die namentlich bei feinkörnigem Thonboden ausserordentlich gesteigert werden kann. Die Kosten der Bodenbearbeitung werden somit, in Folge der erhöhten Zugkraft, nicht unbeträchtlich vermehrt.

6) Die Feuchtigkeit verspätet die Bearbeitung des Bodens im Frühjahre und zwingt im Herbste zur Einstellung derselben in einer Zeit, in welcher trockener Boden noch gepflügt werden kann. Menschen und Vieh sinken in nassem Boden ein, die Bodenbearbeitungsgeräthe versagen in Folge der anhaftenden Erde ihren Dienst, so dass eine Verspätung der Ackerbestellung eintritt, welche auf die Reihenfolge der landwirthschaftlichen Arbeiten und schliesslich auf die Erträge des Bodens in erheblichem Masse nachtheilig wirkt.

---

*) J. Kopp, Anleitung zur Drainage; Frauenfeld 1865.

7) Viele Unkräuter wuchern nur in nassem Boden und zwar oft in derartiger Ueppigkeit, dass sie die Culturpflanzen, die sich schon in Folge der Nässe von vorn herein schlecht entwickeln können, verdrängen. Auf nassen Wiesen vergehen die besseren Futterpflanzen, namentlich die Gramineen, wogegen Quecken, Binsen und Moose deren Stelle einnehmen. Selbst giftige Arten stellen sich ein und veranlasssen das Erkranken des Weideviehes.

8) Manche Pflanzenkrankheiten finden ihre Disposition in der Nässe des Bodens; sie verschwinden nach der Trockenlegung entweder vollständig oder treten bei Weitem nicht mehr so verheerend auf als vordem. Auch die meisten Krankheiten der Weinreben werden beseitigt, sobald der Boden entwässert ist. Ebenso finden sich auf nassen Stellen viele schädliche Insecten ein, namentlich nach Spätfrösten, welche letztere, wie bereits hervorgehoben, am ehesten auf nassem Boden entstehen.

9) Das Auswintern der Pflanzen tritt auf nassen Böden viel leichter ein als auf trockenen; die Halmfrüchte lagern leichter, da die Wurzeln nicht so tief in den Boden dringen können, sich also weniger starke Halme bilden.

10) Ein versumpfter Boden verursacht schädliche Ausdünstungen, welche für Menschen und Vieh in hohem Grade gefahrbringend sind. In Sumpfgegenden sind desshalb epidemische Fieber stets an der Tagesordnung; oft werden ganze Districte durch dieselben unbewohnbar, wie dies in einzelnen Gebieten Toskana's vor ihrer erfolgreich durchgeführten Melioration und in den Pontinischen Sümpfen der Fall war. Eine gründliche Trockenlegung macht derartige Districte gewöhnlich durchaus gesund; die früheren Sumpffieber verschwinden sofort.

Nach der Melioration des Unstrutthales ergab sich die Thatsache, dass sich in Folge derselben der Gesundheitszustand bei Menschen und Vieh wesentlich gebessert hatte. Während früher auf der Domaine Artern der dritte Theil des Gesindes und der Arbeiter, in dem 1300 Einwohner zählenden Dorfe Gehofen etwa 50 bis 60 Personen Jahr aus Jahr ein am Fieber daniederlagen, sind daselbst in den Jahren nach der vorgenommenen Entwässerung Fieberkrankheiten gar nicht vorgekommen. Auf der Domaine Artern hat sich die Sterblichkeit der Schafe von durchschnittlich 26,6 Procent auf 12,3 Procent und die des Rindviehes von 10,5 Procent auf 8 Procent, und beim Lüttich'schen Rittergute zu Gehofen von 15,25 Procent bei den Schafen auf 11,75 Procent und von 5 Procent beim Rindvieh auf 2,5 Procent ermässigt (Lentz, Die Melioration des Unstrutthales; Halle 1867).

11) Die Erträge nasser Ländereien sind stets erheblich niedriger als nach der Entwässerung. Auch die Qualität der geernteten Producte ist eine untergeordnete. Durch die Trockenlegung steigert sich der Bodenwerth mit den Erträgen in erheblichstem Masse.

Als Beispiel sei hier die grossartige Trockenlegung des Chiana-Thales in Italien, zwischen dem Arno und der Tiber, angeführt. Die Erträge des-

selben waren früher gleich Null; das Thal gehörte zu den berüchtigsten Morastgebieten Italiens. Derzeit betragen die Pachtpreise im Durchschnitte 120 Francs pro Hektar, so dass der Werth des Terrains bei einer Verzinsung von 3 Procent 4000 Francs pro Hektar beträgt.

Gleichen Erfolg hat die Melioration des Oderbruches aufzuweisen gehabt. Eine Fläche von 12 Quadratmeilen wurde hier allmählig aus einem grossentheils wilden, hauptsächlich zu Fischfang und Hütung benutzten Bruche in einen der fruchtbarsten und cultivirtesten Districte Preussens umgeschaffen. Die Bodenerträge stellen sich jetzt, nach Beendigung der Melioration, den höchsten in anderen fruchtbaren Gegenden des Landes erzielten Erträgen an die Seite. Man rechnet in günstigen Jahren pro Hektar eine Ernte von 21 bis 42 hl Weizen, 17 bis 38 hl Roggen, 35 bis 65 hl Gerste und 35 bis 85 hl Hafer. Der Kaufpreis des Bodens in kleineren Flächen beträgt gewöhnlich 1800 bis 2400 M. pro Hektar. Die Pachtpreise der Domainen stellen sich auf 48 bis 60 M. pro Hektar. Im Nieder-Oderbruche sollen vor der Melioration nur 170 Familien gelebt haben, während die Bevölkerung im Jahre 1855 bereits 24 000 Köpfe betrug. (Wehrmann, Die Eindeichung des Oderbruches; Berlin 1861).

B.

DIE ENTWÄSSERUNG GRÖSSERER GEBIETE.

Die nachfolgende Darstellung betrifft diejenigen Arbeiten, welche Seite 284 als Melioration erster Ordnung bezeichnet wurden, bei welchen mithin das Sumpfgebiet ohne Rücksicht auf die Besitzverhältnisse als ein Ganzes aufgefasst werden muss. Unter Entwässerung ist stets zu verstehen die Entfernung des überschüssigen Wassers und zwar in der Art, dass der Boden während der Vegetationsperiode, bei Ackerland auch während der Bestellzeit, in angemessener Weise trocken gelegt wird. Zu diesem Zwecke muss der Grundwasserspiegel des Wiesen- und Weidelandes während der Vegetationsdauer auf 0,50 bis 0,75 m, des Ackerbodens auf 0,75 bis 1,25 m unter die Oberfläche gesenkt werden. Unbedenklich sind hierbei kürzere Anschwellungen auf etwa 0,2 m über diesem Stande. In Dörfern und Gärten ist eine Senkung des Grundwasserspiegels auf 1,0 bis 1,3 m erforderlich, jedoch kürzere Zeit hindurch eine Erhebung auf 0,7 m unter dem Terrain zulässig.

Während für Ackerland selbst bei grösserer Senkung des Grundwassers ein Schaden höchstens in sehr regenarmen Gebieten zu befürchten ist, muss bei der Entwässerung der Wiesen mit Sorgsamkeit eine grössere Senkung als 0,75 m vermieden werden, sobald die Niederschläge in der Vegetationszeit nicht besonders reichliche sind. In ebenen Lagen lässt sich durch Stauvorrichtungen in den Entwässerungscanälen der Wasserstand auf die für die nothwendige Feuchtigkeit erforderliche Höhe erhalten, während dies bei hängigen Lagen im Allgemeinen nicht durchführbar ist. Hier erscheint es stets angezeigt, die Melioration durch eine Combination der Ent- und Bewässerung durchzuführen und für letztere namentlich das von höheren Lagen abfliessende Wasser abzufangen und entsprechend zu verwenden.

Liegt das Terrain unter der Fluthhöhe der benachbarten Bäche und Flüsse, so wird nur bei Ackerboden eine vollständige Zurückhaltung des

Wassers in allen Jahreszeiten anzustreben sein. Bei Wiesenland sind dagegen die Winterüberschwemmungen in der Regel nützlich, da sie dem Boden den fruchtbaren Schlick des Wassers zuführen, vorausgesetzt, dass dieser keine schädlichen Bestandtheile enthält, wie dies z. B. der Fall ist, wenn das Wasser die Abwässer von Bergwerken, Pochwerksanlagen oder das Abfallwasser mancher Industrieen (Färbereien u. s. w.) aufgenommen hat, die oft giftige Substanzen mit sich führen. Von diesen, glücklicher Weise seltenen Fällen abgesehen, sollte die Ueberschwemmung durch das Winterhochwasser auf Wiesengründen nicht behindert werden und sind nur die Einrichtungen für eine rechtzeitige, gesicherte Ableitung des Wassers zu treffen. Das in der Regel niedrigere Sommerhochwasser muss dagegen in jedem Falle zurückgehalten werden, da dasselbe dem Graswuchse stets Schaden zufügt.

Die Methoden der Entwässerung sind, entsprechend der mannigfachen Ursachen der Versumpfung, überaus verschiedene. Um das zweckmässigste Verfahren zu ermitteln, sind stets, bevor das technische Project festgestellt wird, die nothwendigen Vorerhebungen zu pflegen, deren Umfang ein möglichst umfassender sein muss. Mit Hülfe derselben lässt sich in der Regel das angemessendste Verfahren zur Durchführung der Melioration leicht finden; dieselben liefern auch die Unterlage für die ziffermässige Feststellung des Erfolges und für die Rentabilität der Unternehmung.

a. Vorerhebungen.

Die nothwendigen Vorerhebungen bei jeder grösseren Melioration haben die topographischen, orographischen, klimatischen und hydrographischen Verhältnisse des betreffenden Gebietes in Rücksicht zu ziehen. Ueberdies sind die einschlagenden politischen und Rechtsverhältnisse zu untersuchen und in dem Erläuterungsberichte hervorzuheben.

In topographischer Hinsicht ist die Grösse des Gebietes, die Grösse der productiven und unproductiven Fläche, in Gebirgsländern die Vegetationsgrenze, ferner die Ausdehnung und das Verhältniss der einzelnen Gattungen der ersteren, als Acker, Wiese, Weide, Weingarten, Obstanlagen u. s. w. sowie die Grösse der Waldfläche festzustellen. Letztere ist nach ihren verschiedenen Gattungen, Beständen und der Wirthschaftsmethode in absoluten Zahlen und in Procenten aufzuführen; auch die Bringungsmethoden sind zu ermitteln und in dem Berichte zu erwähnen.

Hieran haben sich die Durchschnittserträgnisse der einzelnen Culturgattungen anzuschliessen und zwar, wenn möglich, im Vergleiche mit ähnlichen nicht an Versumpfung leidenden Gebieten.

Weiter ist festzustellen die Bevölkerungsziffer, nach Geschlecht und Berufsgattungen getrennt; die landwirthschaftliche Bevölkerung wird gleichzeitig in ihrem Verhältnisse zu der cultivirten Fläche ermittelt, also die Grösse der pro Kopf der ländlichen Bevölkerung entfallenden Fläche.

Hieran schliesst sich eine Zusammenstellung über die ländlichen Arbeiter und zwar der ständigen und der Tagelöhner, die Löhne derselben, nebst dem Verhältnisse der Arbeiterzahl zu der Flächeneinheit des Culturlandes.

Ferner der Viehstand nach Kategorien (Pferde, Maulthiere, Rinder, Schafe, Schweine, Ziegen), wobei auch die so verschiedene Qualität nach Möglichkeit, z. B. durch die Racen und Preise der Thiere, hervorzuheben ist. Die Art der Ernährung der Thiere, die Hauptziffern des erforderlichen Futterquantums, ferner die Anzahl der einzelnen Thiergattungen pro Flächeneinheit (Hektar oder Quadratkilometer), endlich eine statistische Parallele des Viehstandes in dem versumpften Gebiete, verglichen mit einem benachbarten in gutem Culturzustande befindlichen Gebiete.

Es sind ferner die Communicationsmittel des Gebietes anzugeben und zwar wiederum nach ihren verschiedenen Kategorien getrennt.

Es folgen die erforderlichen Ermittlungen über die Besiedelung (geschlossene Gemeinden, zerstreute Gehöfte), über die Gemeindeverfassung, über die Schulden der Gemeinden, die Steuern, Creditverhältnisse, über die Preise des Bodens nach seinen verschiedenen Kategorien, über die Pachtpreise, die Servituten und ähnliche für die Beurtheilung der politischen und Rechtsverhältnisse nothwendigen Angaben.

In Hinsicht auf den Betrieb der Landwirthschaft sind die Methoden der Bodennutzung festzustellen, die Fruchtfolge, Düngung, die Zeiten der Feldbestellung und der Ernten, letztere für die einzelnen Fruchtarten. Endlich die Absatzverhältnisse und die erzielten Preise für die landwirthschaftlichen Producte.

In orographischer und geognostischer Hinsicht sind die Formverhältnisse, die höchsten Erhebungen und niedrigsten Einsenkungen im Vergleiche mit dem Meeresniveau festzustellen, ferner die Entstehung, Beschaffenheit und Zusammensetzung der Gesteine, woran sich möglichst genaue Bodenuntersuchungen zu schliessen haben. Der Ursprung und die Zusammensetzung des Culturbodens, sein Verhalten zum Wasser und zur Wärme sind zu untersuchen oder bei Arbeiten von geringerer Bedeutung auf Grund der im I. Abschnitte gegebenen und sonstiger bekannter Daten zu schätzen.

Die klimatischen Erhebungen müssen stets mit besonderer Gründlichkeit durchgeführt werden. In erster Linie gehören hierher die meteorologischen Beobachtungen über die Niederschläge, ihre Jahres-, Jahreszeiten-, Monats- und Vegetationsdauer-Summen, die Regenwahrscheinlichkeit, die Anzahl der Regen- und Schneetage sowie ihre Vertheilung auf die einzelnen Monate, die Höhe der ausserordentlichen Niederschläge nebst Angaben über die Häufigkeit ihres Auftretens und die relative Feuchtigkeit in den einzelnen Monaten. Ferner die Temperaturverhältnisse in möglichst erschöpfenden Daten, wobei namentlich auf das Auftreten und die durchschnittliche Dauer des

Frostes, die Häufigkeit des Frostwechsels, d. h. die Ueberschreitung des Gefrierpunktes nach oben oder unten, die extremen Temperaturen (höchsten Wärme- und Kältegrade), die Bewölkung- und Sonnenscheindauer Rücksicht zu nehmen ist. Ueberdies kommen die Windverhältnisse in Betracht und zwar die vorherrschende Richtung des Windes und die Windstärke, namentlich wegen des Einflusses dieses Factors auf die Wasserverdunstung.

Die hydrographischen Untersuchungen haben die Bäche und Flüsse des Gebietes, die Quellen und die Grundwasserverhältnisse in Rücksicht zu ziehen. Bei den Bächen und Flüssen sind die Wasserstände in den verschiedenen Jahreszeiten, ferner die Hochwasserstände und ihr periodisches Auftreten festzustellen sowie die Dauer des Hochwassers unter Ermittlung der Grundstücke, welche von demselben beeinflusst werden. Ferner die Consumtionsmengen in den einzelnen Perioden, womöglich verglichen mit der Grösse des Flussgebietes, die mittleren Gefällsverhältnisse, Geschwindigkeiten und besonders charakteristische Querprofile. Auch über die Sinkstoffführung sind die erforderlichen Ermittlungen anzustellen. Eingehendste Berücksichtigung verlangen die in den Wasserläufen vorhandenen Stauanlagen, deren Stauberechtigung, zulässige Höhe und Zeiten des Anstaus genau festzustellen sind; desgleichen der Einfluss des Stauwerkes auf den Abfluss des Wassers und auf das angrenzende Terrain.

Rührt die Versumpfung eines eingedeichten Gebietes daher, dass die Entwässerungsschleusen bei eintretendem Hochwasser geschlossen gehalten werden müssen, so ist die Dauer des Hochwassers, bei welchem ein Oeffnen der Schleusen nicht zulässig, und die Jahreszeit desselben nach den Erfahrungen einer längeren Jahresreihe festzustellen. Gleichzeitig ist die Wassermenge zu ermitteln, welche während dieser Zeit in das eingedeichte Gebiet gelangt, wobei auch das hier besonders lästig auftretende Kuverwasser zu berücksichtigen ist; ferner zu prüfen, innerhalb welches Zeitraumes, ob alljährlich oder nach einer Reihe von Jahren, eine Versumpfung und damit eine wesentliche Verminderung bezw. der Verlust der ganzen Ernte zu gewärtigen ist. Es ergiebt sich hieraus der Verlust, welchen die betreffenden Grundstücke durchschnittlich im Jahre erleiden, so dass bei der Kostenaufstellung die Rentabilität der Melioration leicht ermittelt werden kann.

Die Ergiebigkeit der im Meliorationsgebiete auftretenden Quellen, die Zeiten ihres Fliessens sind durch Beobachtungen festzustellen und ferner die Schwankungen des Grundwassers an möglichst vielen Punkten des Objectes, wobei namentlich die höchsten Grundwasserstände und die Zeiten ihres Auftretens zu ermitteln sind. Das Einwiegen der Grundwasserstände soll nicht sofort nach der Herstellung der Gruben erfolgen, sondern erst nach einiger Zeit, damit das Wasser sich in der Grube zu der entsprechenden Höhe stellen kann.

Mit Hülfe dieser Vorstudien lassen sich die Ursachen der Ver-

sumptung in der Regel zuverlässig feststellen; in gleicher Weise ergeben dieselben die Grundlage für die Ermittlung des voraussichtlichen Erfolges der Melioration in technischer Hinsicht.

Die technischen Vorarbeiten bestehen in der geometrischen und nivellistischen Aufnahme des Terrains. Eine Vermessung der Grundstücke kann unterbleiben, sobald derartige Arbeiten bereits zu anderen Zwecken ausgeführt wurden.

Die anzufertigende Specialkarte des Meliorationsobjectes kann zumeist aus den vorhandenen Kataster- oder Commassationskarten entnommen werden. Für kleinere Arbeiten entspricht der gewöhnliche Massstab von $\frac{1}{2000}$, während bei grösseren Objecten ein reducirter Massstab, gewöhnlich $\frac{1}{5000}$, zu wählen ist. Die Karte hat namentlich die Wasserläufe, Deiche, Wege und Eisenbahnen mit ihren Bauwerken, Brücken, Triebwerksanlagen und Schleusen, die Eigenthumsgrenzen nebst Angabe der Katasternummern, die Feldmarksgrenzen unter Beschreibung der angrenzenden Feldmarken, die Ortschaften und Gebäude, die Culturarten des Bodens und das Oedland zu enthalten und entsprechend zu bezeichnen.

Für Entwässerungsarbeiten ist ein vollständiges Nivellement mittelst eines nivellistischen Netzes zumeist nicht unbedingt erforderlich. In der Regel genügen die Längennivellements der Thalwege, sowohl des Hauptrecipienten als auch seiner seitlichen Verästelungen. Erforderlich ist die Ermittlung der Coten für die in Betracht kommenden wichtigsten Wasserstände, namentlich den normalen Sommerwasserstand sowie das höchste Sommer- und Winterwasser; ferner der Deichkronen, der Sohlen der im Binnenlande vorhandenen Gräben und der Stauhöhen der Wehre und Schleusen. Die als Vorfluthrecipienten dienenden Wasserläufe sind auf eine grössere Länge einzunivelliren. Der Normalhorizont des Nivellements ist auf die Meereshöhe zu berechnen, zu welchem Zwecke dasselbe mit einem in seiner Höhe zum Nullpunkte des Meerespegels bekannten Punkte durch ein besonderes Nivellement zu verbinden ist. Wo dieses Verfahren zu umständlich und kostspielig ist, muss als Nullpunkt ein unter der Oberfläche des in Betracht kommenden Terrains gelegener Fixpunkt, z. B. ein Pegel oder Fachbaum, angenommen werden.

Die Darstellung des Nivellements kann in den Längen im Maasstabe $\frac{1}{5000}$, in den Höhen im Massstabe $\frac{1}{250}$ erfolgen. Bei sehr ausgedehnten Nivellementszügen von mehreren Meilen Länge ist der übersichtlichere Längenmassstab $\frac{1}{10000}$ zu wählen; in sehr ebenen Gegenden empfiehlt sich ein Höhenmassstab $\frac{1}{150}$. Die wichtigsten Punkte des Nivellements sind in der Karte des Terrains (der Specialkarte) einzutragen;

oft empfiehlt es sich auch, die Terrainformation durch Schichtenlinien darzustellen.

Bei sehr ausgedehnten Meliorationsflächen sind noch Uebersichtskarten und Uebersichtsnivellements in kleinerem Massstabe, die Karten z. B. im Massstabe $\frac{1}{10\,000}$, anzufertigen; ferner ein Uebersichts-Situationsplan mit Zugrundelegung der Generalstabs- oder anderer guter Karten, welcher nur die bestehenden Wasserläufe, Deiche und Ortschaften sowie andere besonders wichtige Objecte enthält. In diesen werden in der Folge auch die Hauptzüge der Meliorationsanlagen in farbigen Linien eingetragen. Ueberhaupt empfiehlt sich als Regel, alles Bestehende schwarz oder wenigstens in anderen Farben darzustellen als das Project, so dass letzteres stets deutlich hervortritt.

b. Die Abhaltung des fremden Wassers.

Die Sumpfgebiete nehmen in der Regel die niedrigsten Stellen der Flussthäler ein; sie erhalten demnach häufig eine Zufuhr von Wasser aus den angrenzenden höheren Lagen. Die aus diesen herabkommenden Bäche führen zeitweilig grosse Wassermengen, welche in dem Sumpfgebiete, wo das Gefälle abnimmt, zurückgehalten werden, namentlich bei hohen Wasserständen im Hauptrecipienten. Es tritt also hierdurch eine Vermehrung des bei der Entwässerung des Sumpfes abzuleitenden Wassers ein, wozu sich noch der Nachtheil gesellt, dass die Bäche aus höheren Gebieten ein starkes Gefälle besitzen, demnach viele Sinkstoffe führen, welche sich in den Ableitungsgräben niederschlagen und zu häufigen Räumungen Veranlassung geben. Die Zulassung des fremden Wassers in das Sumpfgebiet bringt ferner den Uebelstand mit sich, das die Canäle der Binnenentwässerung mit sehr weiten Profilen ausgeführt werden müssen, welche namentlich mit Rücksicht auf die höchsten Anschwellungen der in die Niederung tretenden Bäche zu bemessen sind. Hierdurch werden die Kosten der Binnenentwässerungs-Anlagen oft in nicht unbeträchtlichem Masse gesteigert.

Hiernach gilt es als Regel, bei jeder Entwässerung das fremde Wasser von dem Sumpfgebiete fern zu halten, soweit dies irgend zulässig ist. Man sucht dasselbe vor dem Eintritte in die Niederung abzufangen und in einem oder mehreren Canälen unmittelbar in den Recipienten zu leiten. Man leitet denselben entweder mittelst Umfangscanäle am Rande des höheren Gebietes entlang oder mittelst eines hochwasserfrei eingedeichten Canales durch die Niederung hindurch in den Recipienten. Letzteres Verfahren, bei welchem das Sumpfgebiet durchschnitten wird, ist nur bei sehr langgestreckten Gebieten angezeigt, ferner in dem Falle, dass die Umleitung aus irgend welchem Grunde auf Schwierigkeiten stösst bezw. nur mit erheblich höherem Kostenaufwande durchführbar ist. Die Durchleitung wird oft durch Mangel an Gefälle erschwert; die

ursprüngliche Tiefe des Canals vermindert sich bald in Folge der sich ansammelnden Niederschläge, so dass die Sohle eine höhere Lage erhält als die angrenzenden Flächen. Dies zwingt zu stetigen Erhöhungen und Verstärkungen der beiderseitigen Verwallungen sowie zu hohen Dammschüttungen bei den Brückenauffahrten und trotzdem bleibt bei starken Anschwellungen die Gefahr des Durchbruches immer bestehen. Ueberdies bewirkt die Durchleitung des Canales durch die Niederung die Zweitheilung derselben, so dass jeder Theil mit einem besonderen Entwässerungscanale zu versehen ist.

Die Einleitung des Wassers in die Niederung ist jedoch in den Fällen zu empfehlen, dass das Wasser zu Colmationen oder zu Bewässerungen in der Dürreperiode Verwendung finden kann.

Bei der Anlage von Umfangscanälen wird oft eine grössere Anzahl von Wasserläufen in demselben Canale vereinigt. Dieser senkt sich von dem Rande der Anhöhe allmählig herab und erreicht die Thalsohle unterhalb des Meliorationsgebietes. Oft bietet sich bei der Leitung des Canales Gelegenheit zur Herstellung von Ablagerungsplätzen für das Geschiebe, namentlich beim Ueberschreiten von Seitenthälern. Um das Gefälle des Canales dauernd zu erhalten, muss die Sohle an den höheren Strecken, wo eine Vertiefung derselben durch Erosion erfolgen könnte, mittelst Grundschwellen gesichert werden. Eine Bedeichung des Umfangscanales ist zumeist nur auf der Thalseite erforderlich. Zuweilen ist die Möglichkeit gegeben, den Canal in einen Nebenfluss einzuleiten, welcher in diesem Falle angemessen zu reguliren ist.

Die Bestimmung der abzuführenden Wassermenge richtet sich nach den bei den höchsten Fluthen geführten Wassermengen der abzufangenden Bäche; nach diesen erfolgt die Berechnung der Profile, deren Breite nach Massgabe der vermehrten Wasserzufuhr succesive zu vergrössern ist. In der Regel empfiehlt sich das Doppelprofil, weil hierdurch das Kleinwasser zusammengehalten wird, so dass keine Sinkstoffablagerung stattfindet, während die Sohle des weiten Profiles oft als Wiesengrund verwerthet werden kann. In vielen Fällen lassen sich die Umfangscanäle auch vortheilhaft für die Bewässerung der Niederung benutzen.

Die nämliche Aufgabe wie die Umfangscanäle haben die Auffanggräben und Kopfdrains zu erfüllen, welche bei der Entwässerung einzelner Grundstücke angewendet werden und weiter unten erörtert werden sollen.

Wenn auch der Zweck der Abhaltung des fremden Wassers mittelst entsprechender Canäle stets erreicht werden kann, sobald diese richtig tracirt und bemessen sind, so darf desshalb von dieser Massregel niemals ein vollständiger Erfolg hinsichtlich der Entwässerung der Niederung erwartet werden. Hierzu ist in jedem Falle die Binnenentwässerung erforderlich, welche jedoch durch die Abhaltung des fremden Wassers stets in erheblichem Masse erleichtert wird.

c. Die Beförderung der Vorfluth.

Die Trockenlegung einer versumpften Niederung kann nur in dem Falle bewerkstelligt werden, dass dem durch Gräben gesammelten Wasser die Vorfluth beschafft wird. Liegt der Recipient zur Aufnahme des Wassers tiefer als die Niederung oder lässt sich derselbe durch eine Regulirung tiefer legen, so kann man die Vorfluth als eine natürliche bezeichnen. Den Gegensatz derselben bildet die künstliche Vorfluth, bei welcher das angesammelte Wasser durch Pumpwerke bis zu dem höher gelegenen Vorfluthrecipienten gehoben wird. Ein weiteres Verfahren zur Gewinnung der Vorfluth ist die Colmation, mittelst welcher das Niederungsgebiet derartig erhöht wird, dass das überschüssige Wasser den Abfluss in einen ursprünglich zu hoch gelegenen Recipienten erhält. Es wird dieses Verfahren in dem folgenden Capitel dargestellt werden.

1. Die natürliche Vorfluth.

Die Mittel zur Senkung des Wasserstandes der Bäche und Flüsse im Interesse der Vorfluthgewinnung sind zum grösseren Theile bereits in der II. Abtheilung behandelt worden. Welche derselben in jedem einzelnen Falle in Anwendung zu bringen sind, muss stets aufs Sorgsamste geprüft werden; in den meisten Fällen ist jedoch das zweckmässigste Verfahren derartig deutlich ersichtlich, dass bei Berücksichtigung der verschiedenen bereits angeführten Momente keine Zweifel über die einzuschlagenden Massregeln auftreten können. Die verschiedenen Verfahren sollen hier noch einmal übersichtlich zusammengestellt bezw. ergänzt werden.

1) Tieferlegung des Wasserlaufes durch Krautung und Baggerung. Einfachstes und in vielen Fällen durchaus zweckentsprechendes Mittel zur Beschaffung der Vorfluth für ein versumpftes Terrain.

2) Abhaltung der durch Uferabbrüche und durch Seitenzuflüsse in Gebirgsländern in den Wasserlauf geführten Sinkstoffe. Im Vereine mit der ad 1) aufgeführten Regulirung zur Erhaltung des normalen Zustandes dienend. Uferdeckungen und Thalsperren, welche letztere neben anderen Zwecken die Aufgabe haben, die von einem Wasserlaufe mitgeführten festen Stoffe zurückzuhalten.

3) Abkürzung stark gekrümmter Wasserläufe mittelst Durchstiche. Oft rührt die Versumpfung von der Bildung der Serpentinen her; in diesem Falle ist die Anwendung von Durchstichen das sicherste Mittel zur Senkung des Wasserspiegels und zur Herstellung der Vorfluth. Die Garantie für den Erfolg ist um so grösser, je mehr der neue Wasserlauf gegenüber dem alten verkürzt wird.

Bei der Prüfung über die Angemessenheit der Durchstiche sind die Seite 130 aufgeführten Gesichtspunkte sorgfältig zu berücksichtigen. Ueber-

dies kommt in Frage, ob die mittelst Durchstiche erzielte Senkung des Wasserstandes nicht etwa eine beabsichtigte Ueberfluthung mittelst des befruchtenden Winterhochwassers unmöglich macht. In diesem Falle empfiehlt es sich in der Regel, von der Verkürzung des Wasserlaufes Abstand zu nehmen, namentlich wenn die Herstellung einer vollständigen Bewässerungsanlage nicht möglich ist. Hier wäre zumeist das ad 4) erwähnte Mittel der Vorfluthgewinnung vorzuziehen.

4) Anlage eines Parallelcanales, welcher das gesammte Wasser des Sumpfes aufnimmt und mit geringstem zulässigem Gefälle parallel dem Bache oder Flusse soweit geführt wird, dass er das angesammelte Wasser in diesen oder in einen grösseren Recipienten, z. B. einen See, ohne schädlichen Rückstau einleiten kann. Da das gesammelte Wasser zumeist wenig suspendirte Stoffe mit sich führt, so kann man demselben eine sehr geringe Geschwindigkeit gestatten, ohne den Niederschlag von Sinkstoffen auf der Canalsohle befürchten zu müssen. Sobald die Höhendifferenz zwischen dem Canale und dem Recipienten eine entsprechende ist, findet die Einleitung statt. In ebenen Ländern erhalten hierdurch die Entwässerungscanäle eine beträchtliche Länge und verursachen auch aus dem Grunde erhebliche Kosten, weil sie häufig von kleinen Seitenbächen gekreuzt werden. Letztere werden stets mittelst Brückencanäle über den Canal geleitet, da dieser auf dem grössten Theile seines Laufes eine tiefere Lage hat als der Fluss und das Durchlassprofil der Unterleitung wegen der geringen Schwankungen des Wasserstandes im Entwässerungscanale nicht so beträchtlich zu sein braucht. Würde man den Canal über die einmündenden Bäche führen, so müsste wegen der zu berücksichtigenden Hochwässer das Durchlassprofil beträchtlich erweitert werden, wobei eine künftige Verengung durch deponirte Materialien immer noch nicht ausgeschlossen ist.

5. Senkung des Wasserspiegels von Seen. Erhält die Niederung ihre Vorfluth direct oder indirect in einen See, dessen Wasserspiegel während der Zeit der erforderlichen Trockenlegung eine zu beträchtliche Höhe besitzt, so ist eine Senkung des See-Wasserstandes anzustreben. Es erfolgt dies durch Beförderung des See-Abflusses und zwar richtet sich das Verfahren nach der Ursache des hohen Seestandes. Oft sind es Verschotterungen des Abflussgerinnes, welche die Ableitung des Wassers verzögern, oder Stauanlagen an der Mündung des aus dem See austretenden Flusses. In diesem Falle müssen die Hindernisse beseitigt werden, wie überhaupt häufig eine Verbesserung der Abflussverhältnisse seeabwärts durch zweckmässige Flussregulirung vorgenommen werden muss. Bei einer Senkung des Seespiegels sind vorerst die Bodenverhältnisse und Culturen an den Ufern des Sees darauf zu prüfen, ob etwa durch die Senkung ein zu tiefer Stand des Grundwassers eintreten könnte, welcher auf die betreffenden Culturen schädliche Folgen ausüben würde. Weiteres über die Senkung der Seespiegel in dem folgenden Capitel: Trockenlegung der Seen.

6. Beseitigung oder Tieferlegung von Stauwerken. Rührt die Versumpfung von einem Mühlenstau her, welcher eine zu beträchtliche Erhöhung des Oberwassers zur Folge hat, so ist die Beseitigung oder eine für den vorliegenden Zweck genügende Tieferlegung des Stauwerkes das sicherste Mittel zur Beschaffung einer angemessenen Vorfluth. Wenn auch die Gesetzgebung der meisten Länder*) eine Wiederherstellung des freien Laufes oder eine Erniedrigung des Stauwerkes für den Fall vorschreibt, dass die Stauanlage einen überwiegenden Nachtheil für die Landwirthschaft zur Folge hat, so ist doch die Beseitigung der Anlage zumeist mit erheblichen Entschädigungskosten verknüpft, so dass dieselbe hierdurch oft unmöglich gemacht wird.

In einigen Gesetzen wird die Abänderung eines Stauwerkes überdies dadurch erschwert bezw. in vielen Fällen unmöglich gemacht, dass diese nur durchgeführt werden muss, insofern dem Besitzer selbst nicht dadurch ein überwiegender Nachtheil zugefügt wird oder soweit die Abänderung erfolgen kann, ohne die nöthige Triebkraft des fraglichen Werkes zu beeinträchtigen, oder endlich, falls die Versumpfung oder Ueberschwemmung in keiner anderen, minder kostspieligen Weise beseitigt werden kann.

Diese Schwierigkeiten und die hohen, von den Provocanten zu leistenden Entschädigungsbeträge nöthigen in vielen Fällen, anstatt der Aenderung des Stauwerkes die Leitung eines im Unterwasser der Stauanlage einmündenden Parallelcanales in Erwägung zu ziehen, dessen Ausführung oft geringere Kosten verursacht als die Abänderung des Stauwerkes.

Anmerkung. Eine weitere Methode der Beschaffung der natürlichen Vorfluth, die Versenkung des Wassers in eine absorbirende Schicht des Untergrundes, eignet sich nur unter gewissen Umständen für die Entwässerung kleinerer Flächen und wird demnach in der Folge dargestellt werden.

2. Die künstliche Vorfluth.

In den zahlreichsten Fällen der auf natürliche Weise nicht zu erlangenden Vorfluth befinden sich die versumpften Ländereien in der Ebene, namentlich an den Mündungen der Ströme, wie in Holland, der deutschen Nordseeküste u. s. w., wo nur in dem Falle eine Entwässerung möglich ist, dass das aus der Niederung gesammelte Wasser mittelst Maschinen bis zu dem Wasserspiegel des Flusses bezw. des Meeres gehoben wird. Oft ist jedoch nur zeitweilig ein derartig hoher Wasserstand in dem Vorfluthrecipienten vorhanden, dass eine Abwässerung der einge-

*) Vergl. u. A. Preussisches Gesetz wegen des Wasserstaues bei Mühlen und Verschaffung von Vorfluth vom 15. November 1811, § 11; ferner Oesterreichisches Reichsgesetz vom 30. Mai 1869 über die Benützung, Leitung und Abwehr der Gewässer und die zugehörigen Landesgesetze § 21 (Böhmen § 22, Bukowina § 20, Krain § 7, Steiermark § 19).

deichten Niederung nicht möglich ist, z. B. bei denjenigen Ländereien, welche an den unteren Flussstrecken liegen und bereits dem Wechsel von Ebbe und Fluth ausgesetzt sind. Hier kann noch häufig während des niedrigen (Ebbe-) Wasserstandes die Abwässerung erfolgen, zu welchem Zwecke in dem Deiche selbstthätig wirkende Sielschleusen angebracht werden, die sich durch den binnenseitigen oder äusseren Wasserdruck öffnen und schliessen (vergl. S. 230). Bei besonders niedriger Lage, wo selbst während der Ebbe die Vorfluth nicht vorhanden ist, muss dagegen das Binnenwasser gehoben werden. Das Nämliche ist der Fall bei eingedeichten Ländereien im Gebiete des Mittellaufes, falls bei lang anhaltendem Hochwasserstande eine Oeffnung der Siele den Eintritt des Hochwassers in das Binnenland zur Folge haben würde. Selbst wenn in diesem Falle durch die atmosphärischen Niederschläge und durch Grundwasser noch keine schädliche Versumpfung entstehen würde, so sickert doch häufig bei andauerndem Hochwasser und durchlässigem Boden viel Kuverwasser hindurch, wesshalb auch hier eine mechanische Hebung desselben zur Beseitigung des schädlichen Ueberflusses nothwendig wird.

Das zu hebende Wasser muss in einem Graben angesammelt werden, aus welchem es die am niedrigsten Punkte des trocken zu legenden Gebietes aufgestellte Entwässerungsmaschine entnimmt. Bei den holländischen Poldern, d. h. eingedeichten Niederungen mit künstlicher Wasserhebung, wird das Wasser in Bassins, sog. Busen, gehoben, aus denen es auf natürliche Weise abfliessen kann; oft erhalten mehrere Polder einen gemeinschaftlichen Busen. Zuweilen muss das in den Busen gehobene Wasser noch zu wiederholten Malen gehoben werden, so dass man mehrere Busen, sog. Zwischenbusen, übereinander erhält.

Die Trockenhaltung des Zuyd-Plas-Polder zwischen Rotterdam und Gouda in einer Grösse von 4420 ha, ausgeführt in den Jahren 1836—40, erfolgt durch 30 Windräder und zwei Dampfmaschinen, welche letztere ursprünglich nur zur Reserve für den Fall länger andauernder Windstille oder zu grosser Wassermengen vorgesehen waren. Acht Windräder heben das Wasser in vier Abschnitten von — 5,81 m bis — 3,61 m Amsterdamer Pegel in zwei Busen von zusammen 6 ha Grösse. Zehn weitere Windräder fördern dasselbe in einen, den ganzen Polder umgebenden Ringcanal auf die Höhe von — 1,53 ha. Hierauf heben sieben Windräder das Wasser in einen niederen Oberbusen auf — 0,25 m, von wo aus dasselbe durch die letzten fünf Windräder in den oberen Hochbusen, dessen Spiegel + 1,03 m liegt, gefördert wird. Durch die Pumpwerke der beiden Dampfmaschinen wird das Wasser in nur zwei Absätzen bezw. von — 5,81 m auf — 2,61 m und von 2,61 auf + 1,03 m gehoben. Mit den neueren, durch Dampfkraft betriebenen Wasserhebemaschinen würde ein einziges Werk zur Ueberwindung der ganzen Hubhöhe von nahezu 7 m ausreichend sein, wodurch alle Busen fortfallen könnten.

In dem Nachfolgenden sollen die wichtigeren, speciell für die Zwecke der Entwässerung verwendeten Wasserhebemaschinen und ihre Motoren kurz dargestellt werden; die grosse Zahl älterer Apparate zur Wasser-

hebung, wie Wurfschaufeln, Aufzugvorrichtungen, Paternosterwerke u. s. w., welche zum Theil noch heutigen Tages in Ländern niedriger Culturstufe, wie Aegypten, Indien und China, in Anwendung sind, muss hier übergangen werden.*) Ihr Nutzeffect ist im Vergleiche mit den neueren Pumpensystemen ein überaus niedriger. Von den gleichfalls bereits aus dem Alterthume stammenden Wasserhebeapparaten finden dagegen heutigen Tages für die Zwecke der Entwässerung die Wasserschnecken und die Wurfräder noch umfassende Anwendung.

Die Wasserschrauben, Wasserschnecken. Man versteht unter dieser Bezeichnung schräg gelagerte Schrauben mit mehrfachen Windungen, welche entweder offen oder vollständig ummantelt hergestellt werden. Erstere heissen Wasserschrauben, letztere Wasserschnecken oder Tonnenmühlen. Die Wasserschraube ist in einem hölzernen oder gemauerten Troge von halbkreisförmigem Querschnitte gelagert, in welchem sie sich mit möglichst geringem Zwischenraume dreht. Die Tonnenmühle rotirt dagegen mit ihrem Mantel, ist somit transportabel; sie findet jedoch wegen ihres hohen Gewichtes in neuerer Zeit beschränktere Anwendung als die offenen Schrauben. Letztere werden in der Regel unter einem Winkel von 30 Grad angeordnet; die Ganghöhe ist ungefähr gleich dem äusseren Durchmesser der Schraube. Die Zahl der Gänge beträgt gewöhnlich zwei bis drei. Die Schraube wird derartig aufgestellt, dass der Spiegel des niedrigsten Unterwassers den Anfang der Gänge schneidet; die Länge der Schraube ist so zu bemessen, dass die Unterkante des Cylindermantels, den die Schraubengänge beschreiben, in das Niveau des Oberwassers fällt. Die Wasserschraube wird für Förderhöhen bis zu 3 m angewendet.

Fig. 174 zeigt eine Wasserschraube für Dampfbetrieb.**) Die aus Eisenblech construirte Schraube besitzt einen Durchmesser von 1,6 m und 6 m Länge; sie wird durch eine Dampfmaschine von 26 Pferdekraft mit 40 bis 43 minutlichen Touren betrieben. Die Uebertragung der Bewegung erfolgt durch die Kegelräder *h* und *g*. *f* ist der mit hydraulischem Mörtel gemauerte Mantel, dessen Abstand von dem Umfange der Schraube nur 5 mm beträgt. Der Neigungswinkel der Achse beträgt 33 Grad, die Neigung der Schraube 35 Grad für den inneren und 72 Grad für den äusseren Gang. *p* ist der Unterwasserspiegel, *q* der Spiegel des Oberwassers. Die Leistung dieser Schraube wird bei einer Förderhöhe von 1,75 m auf 0,347 cbm Wasser pro Umdrehung oder 0,23 cbm pro Secunde angegeben, also auf 20000 cbm pro Tag.

---

*) Am ausführlichsten werden dieselben in Rühlmann's Allgemeiner Maschinenlehre, Band IV, Seite 546 u. f.; Braunschweig 1875, besprochen und abgebildet. Einige kurze Mittheilungen über diese älteren Wasserhebemaschinen, soweit dieselben auch für Bewässerungszwecke in Anwendung kommen, werden in dem IV. Abschnitte gegeben werden.

**) Rühlmann, a. a. O. Band IV, Seite 692.



... Art nach Weisbach*).
...lzernen Gerüsten, welche
...holz B getragen werden.

...spel aufgehängt, mittelst
...dem Wasserstande, zu der

...schinenmechanik, III. Theil;

entsprechenden Neigung eingestellt werden kann. An der Kurbel *K* werden Zugstangen mit Handhaben angebracht, an welchen eine grössere Anzahl von Arbeitern angreifen kann. G, G_1, G_2 sind die Schraubengänge, *M* ist der hölzerne, mit eisernen Reifen zusammengehaltene Mantel. Anstatt der Kurbel *K* kann selbstverständlich ein conisches Rädervorgelege mit Riemenscheibe aufgesetzt werden, um die Schnecke durch Wind- oder Dampfkraft in Betrieb zu setzen. Nach Mallet können an einer Tonnenmühle mit dreifachem Gewinde 9 Arbeiter bei 35 minutlichen Umgängen stündlich 42 cbm Wasser 3,30 m hoch heben.

Zuweilen construirt man die Wasserschnecken derartig, dass ihr Durchmesser nach oben hin zunimmt; es soll hierdurch das Zurückfliessen des Wassers verhindert werden, was namentlich zu befürchten ist, wenn sich in Folge erhöhter Umdrehungsgeschwindigkeit und Ansteigen des Unterwassers die Zellen zu stark füllen.

Als Vortheil der Wasserschrauben gegenüber den meisten anderen Wasserhebemaschinen ist anzusehen, dass sie nicht leicht in Unordnung gerathen und selbst bei starker Verunreinigung des Wassers durch Schlamm, Schilf u. s. w. noch benutzt werden können. Dem gegenüber besitzen sie aber auch einige Uebelstände, unter denen namentlich hervorzuheben ist, dass mit Aenderung des Wasserstandes stets Effectverluste eintreten. Steigt das Unterwasser zu beträchtlich, so drehen sich die unteren Gänge vollständig im Wasser, während beim Sinken des Oberwasserspiegels die Hubhöhe unnütz hoch ausfällt, da die Schnecke für den höchsten Stand des Oberwassers montirt sein muss. Das in Fig. 175 dargestellte Hebewerk für den unteren Theil der Schnecke lässt sich nur bei den Tonnenmühlen, nicht aber bei den offenen Schrauben in Anwendung bringen. Ferner ist zu berücksichtigen, dass das untere Lager stets unter Wasser liegt, also nicht zugänglich ist, und dass dieses bei grossen Dimensionen des Apparates einen beträchtlichen Druck und dem entsprechend starke Abnutzung zu erleiden hat.

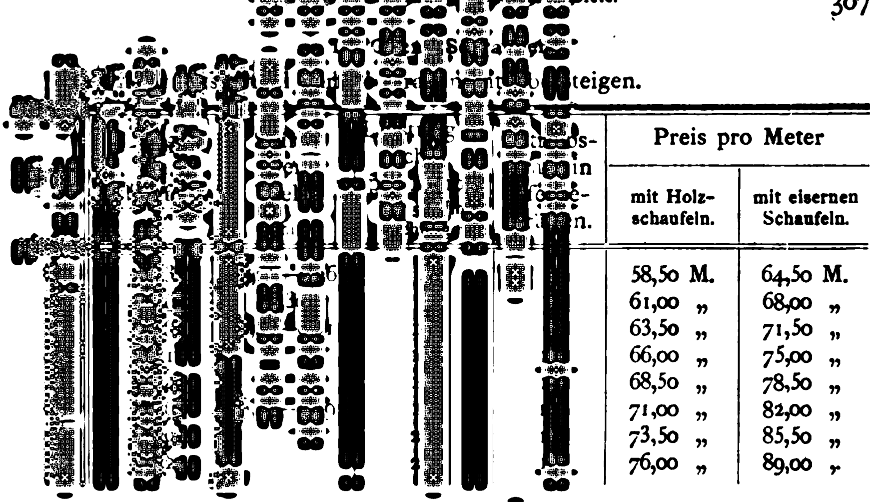
Die Fabrik von G. Tischer u. Co. in Brandenburg giebt folgende Daten über die von ihr gelieferten Wasserschnecken:

I. Mantelschnecken.

Der Neigungswinkel darf 45 Grad nicht übersteigen.

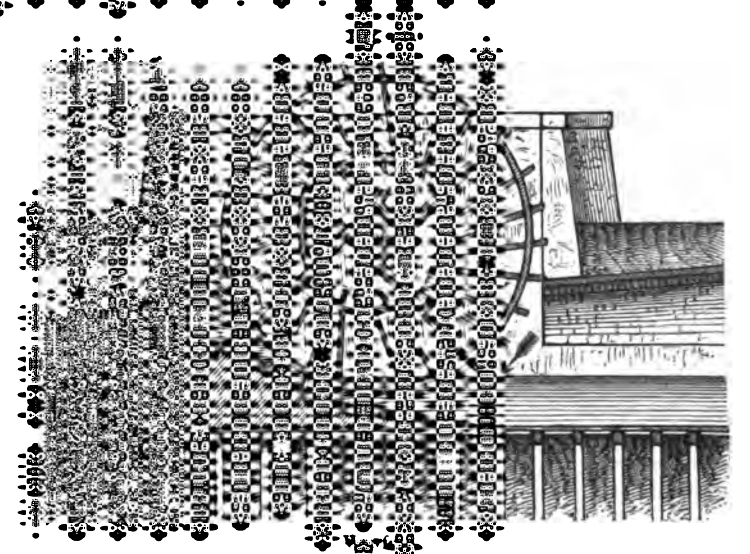
No.	Länge der Schaufeln. m	Stärke der Welle. m	Leistung in cbm pro Minute bei 40 Umdrehungen.	Betriebskraft		Preis pro Meter
				Menschen.	Pferde.	
Hand-schnecke 1	0,08	0,16—0,18	0,70	2	—	50 M.
Hand-schnecke 2	0,10	0,18—0,21	1,75	4	—	53 „
3	0,13	0,24—0,26	2,80	—	4	56 „
4	0,16	0,26—0,28	3,90	—	6	59 „
5	0,17	0,34—0,36	5,00	—	8	62 „

...teigen.



Preis pro Meter	
mit Holzschaufeln.	mit eisernen Schaufeln.
58,50 M.	64,50 M.
61,00 „	68,00 „
63,50 „	71,50 „
66,00 „	75,00 „
68,50 „	78,50 „
71,00 „	82,00 „
73,50 „	85,50 „
76,00 „	89,00 „

...ttelschlägigen Wasserräder ... betriebenen Wasserhebe-



...amentlich in Holland, bei ...ngsrichtung ist die ent- ...er wird hierbei durch den ... und Unterwasser in etwa ...n *F* geworfen. Dicht an

dem Rade befindet sich ein um einen verticalen Zapfen drehbares Schleusenthor *G*, die Wachtthür, welches, sobald das Rad nicht hinlänglich Wasser schöpft, durch den Druck des Aussenwassers im Mahlbusen geschlossen wird, so dass dieses nicht zurückfliessen kann.

Die Schaufeln reissen bei der Drehung das Unterwasser mit sich und werfen es gegen das Thor, welches hierdurch so lange geöffnet wird, wie die Geschwindigkeit eine angemessene und der Wasserstand im Unterwasser hoch genug ist. Bei schwachem Winde leistet das Rad nichts, indem das Wasser zwischen den Schaufeln und dem Aufleiter wieder zurückfliesst. Die Wachtthür öffnet sich erst, wenn die Umfangsgeschwindigkeit des Rades über 0,65 m in der Secunde steigt, aber auch dann ist die Leistung noch sehr unbedeutend. Die grösste Leistung entwickelt das Wurfrad bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 2 bis 2,50 m in der Secunde.

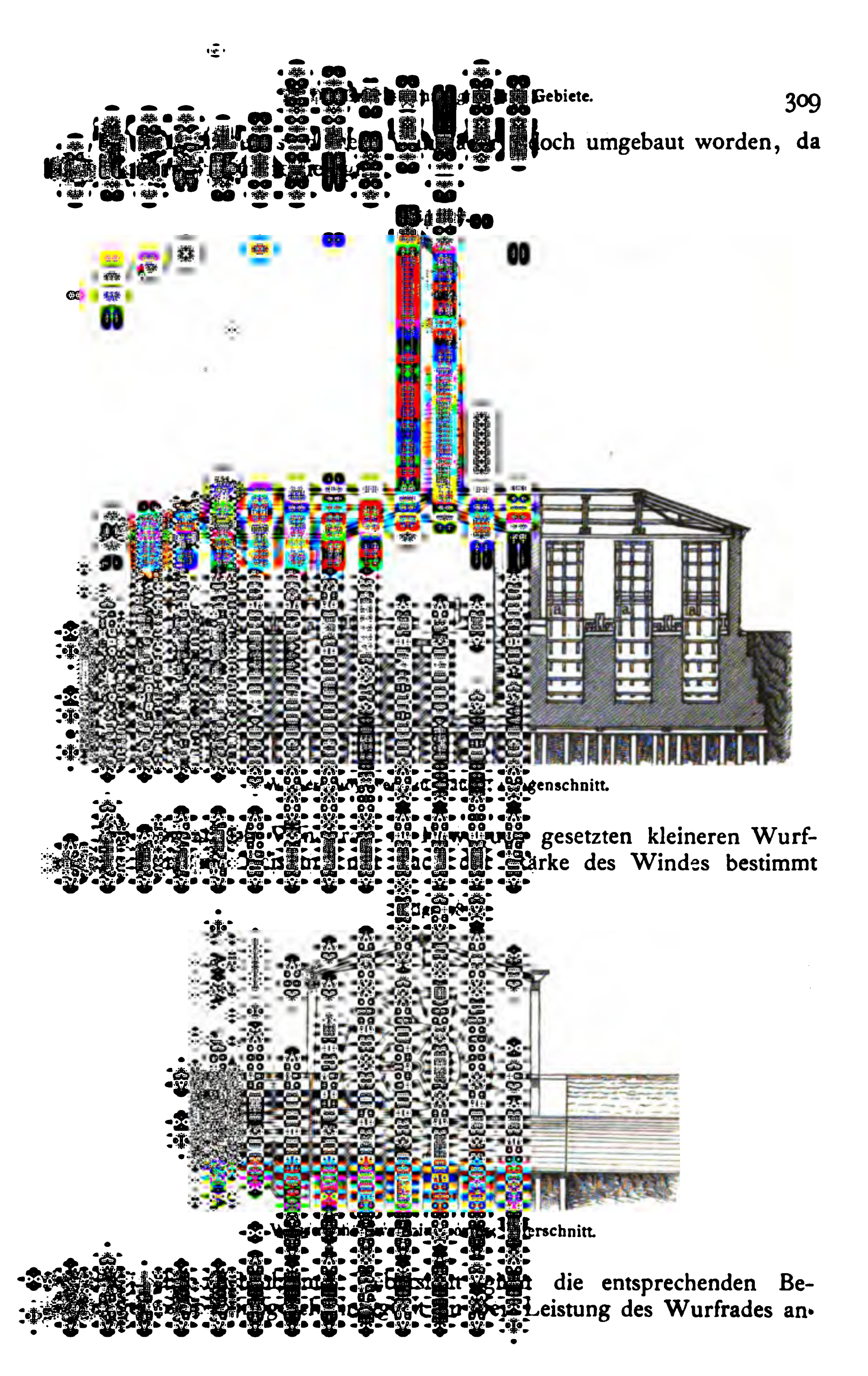
Häufig befindet sich eine grössere Anzahl durch Windmotoren betriebener Wurfräder neben einander auf der nämlichen Achse, so dass man im Stande ist, durch beliebige Inbetriebsetzung einer geringeren oder grösseren Zahl derselben die ausserordentlich variable Kraft des Windes aufs Vollkommenste auszunutzen. Die Hubhöhe beträgt in der Regel nicht über 1,25 m; ist die Förderhöhe grösser, so stellt man mehrere Wurfräder in verschiedener Höhe auf und legt Zwischenbusen an.

Die durch Windkraft in Bewegung gesetzten Wurfräder erhalten in Holland gewöhnlich einen Durchmesser von 5,50 bis 6 m; die Radbreite beträgt 0,40 bis 0,60 m, die Eintauchungstiefe in das Unterwasser 0,60 bis 0,90 m. Der Winkel, unter welchem die Schaufeln gegen die Tangente des Radumfanges stehen, beträgt bei den grössten Rädern 60 Grad, bei den gewöhnlichen 75 Grad. In neuerer Zeit werden die Räder auch ganz aus Eisen mit gekrümmten Schaufeln gefertigt und erhalten alsdann oft Dimensionen, welche die angegebenen der hölzernen Wurfräder erheblich überschreiten.

Als Beispiel eines Wasserhebewerkes mit sechs Wurfrädern, durch Dampfkraft betrieben, ist in Fig. 177 und 178 der Längen- und Querdurchschnitt der Anlage zu Gauda an der Yssel dargestellt,*) welche im Vereine mit den Wasserschöpfwerken zu Sparendam und Halfweg die Aufgabe hat, die Ländereien, die durch die Trockenlegung des Haarlemmer Meeres gewonnen wurden, in einem constanten Wasserstande zu halten. Die liegende Dampfmaschine von 120 Pferdekraft befindet sich bei *d*; sie betreibt nach beiden Seiten mittelst eines Zahnradvorgeleges eine Welle, auf welcher sich 6 Wurfräder *a a* befinden. Dieselbe macht 5 Umdrehungen in der Minute; der Durchmesser der Räder beträgt 7,40 m, ihre Umfangsgeschwindigkeit somit nahezu 2 m pro Secunde, die Breite der Räder 1,75 m. Die Dampfmaschine ist mit Ventilsteuerung angeordnet; ihr Cylinderdurchmesser beträgt 1,12 m, der Kolbenhub 2,44 m. Die Anordnung der Wurfräder ist aus Fig. 178 ersichtlich. Auf der eisernen Welle befinden sich für jedes Rad zwei gusseiserne Kränze *b*, welche zur Aufnahme der Wurfschaufeln dienen.

*) Rühlmann a. a. O. IV. Band, Seite 688.

[illegible] och umgebaut worden, da [illegible]



[illegible] genschnitt.

[illegible] gesetzten kleineren Wurf- [illegible] ärke des Windes bestimmt

[illegible] erschnitt.

[illegible] die entsprechenden Be- [illegible] Leistung des Wurfrades an.

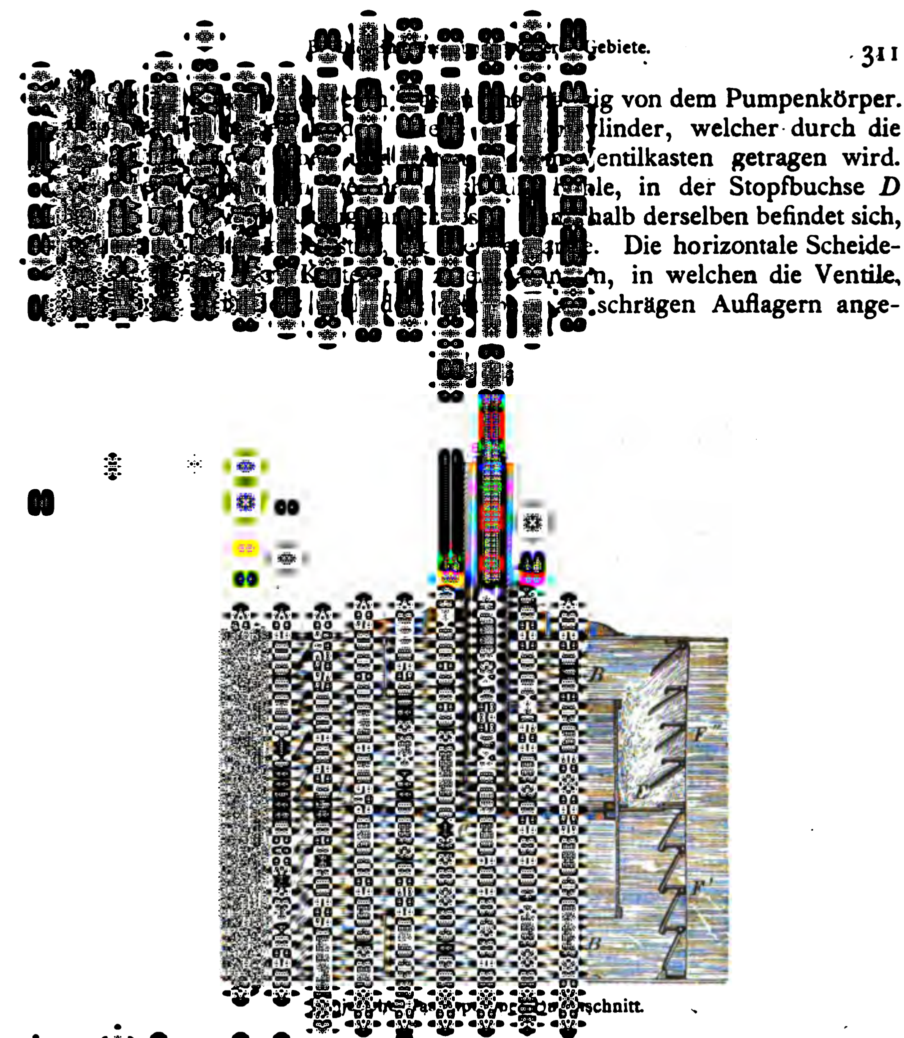
Wind-geschwindig-keit pro Secunde.	Umfangs-geschwindig-keit des Wurfrades pro Secunde.	Wassermenge, 1,25 m hoch gehoben,	
		pro Um-drehung der Flügelwelle.	pro Minute.
m	m	cbm	cbm
4,5	1,2	1,88	12,98
5,5	1,5	2,59	23,86
7,0	1,8	3,49	39,43
8,5	2,3	4,48	61,49
10,0	2,6	4,08	64,89
11,0	3,2	3,95	75,27

Anmerkung. Zu der Gruppe der Wurfräder gehört auch das von dem holländischen Ingenieur H. Overmars erfundene Pumprad, welches in neuerer Zeit vielfach für Entwässerungsanlagen in Verwendung kommt. Dasselbe besteht aus einer Trommel mit 6 bis 10 gekrümmten Schaufeln, welche sich in einem Gerinne mit sehr geringem Spielraume bewegen. Die Anordnung ist eine derartige, dass nicht nur die Schaufeln, wie dies bei dem gewöhnlichen Wurfrade der Fall ist, sondern auch die Trommel den Abschluss zwischen Ober- und Unterwasser bewirkt. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, bei demselben Durchmesser wesentlich höher zu fördern als mittelst des Wurfrades und zwar kann die grösste Förderhöhe nahezu gleich dem Trommeldurchmesser angenommen werden. Die Höhe der Schaufeln beträgt 0,15 bis 0,20 des Trommeldurchmessers, die Umfangsgeschwindigkeit 1 bis 1,5 m pro Secunde. Das Pumprad wird in der Regel aus Eisen gefertigt und muss sehr sorgfältig in dem Gerinne eingesetzt werden.

Die Kolbenpumpen. Die Kolbenpumpen finden im Vergleiche zu den Wasserschrauben und Wurfrädern sowie den Centrifugalpumpen nur beschränkte Anwendung für Entwässerungsanlagen, trotzdem sie einen sehr günstigen Nutzeffect liefern. Der Grund hierfür ist vor Allem darin zu suchen, dass sie durch Verunreinigungen des Wassers leichter in Unordnung gerathen als die eben genannten Wasserhebemaschinen und mehr Reparaturen erfordern als diese.

Für grössere Entwässerungsanlagen kommen stets doppeltwirkende Saug- und Druckpumpen in Anwendung, unter denen die speciell für die Trockenlegung der holländischen Polder construirten Pumpen von Fynje die meiste Verbreitung gefunden haben.*) Diese Pumpe, Fig. 179, steht vollständig in dem zu hebenden Wasser und enthält die Ventil-

*) Die erste Beschreibung und Abbildung dieser Pumpen enthält die Schrift: Verslag over het Stoomwerktuig in den Polder van Wamel, Dreumel en Alphen door H. F. Fynje; Nijmegen 1849.



[illegible] ig von dem Pumpenkörper. [illegible] linder, welcher durch die [illegible] entilkasten getragen wird. [illegible] le, in der Stopfbuchse *D* [illegible] halb derselben befindet sich, [illegible]. Die horizontale Scheide- [illegible] n, in welchen die Ventile, [illegible] schrägen Auflagern ange-

[illegible] schnitt.

[illegible] e *F* mit dem Unterwasser, [illegible]; die Ventile an der Seite *F* [illegible] aussen. Geht der Kolben [illegible] und lassen das Wasser in [illegible] gleichzeitig die Ventile *G'* [illegible] Kasten in die Druckleitung [illegible] iessen sich die Ventile *F'* [illegible] mnach tritt jetzt das Wasser [illegible] nteren abfliesst. Der Vor- [illegible] n Querschnitte der Ventil- [illegible] Kolbens ist. Das Wasser [illegible] annehmen wie dieser, so

dass man die Kolbengeschwindigkeit viel grösser nehmen darf als bei den gewöhnlichen Pumpen mit engen Ventildurchlässen.

Diese Pumpen haben speciell für Entwässerungsanlagen in Holland, an der deutschen Nordseeküste und auch in der Weichselniederung Anwendung gefunden; in neuester Zeit wurden sie jedoch durch verschiedene andere Constructionen, namentlich durch die Centrifugalpumpen, fast überall verdrängt.*)

Berechnung der Pumpen. Bezeichnet

Q die secundliche Wassermenge in Cubikmetern,

v die mittlere secundliche Kolbengeschwindigkeit,

d den Durchmesser des Pumpencylinders,

h die Förderhöhe,

m einen von der Construction der Pumpe abhängigen Coëfficienten,

so ist für doppeltwirkende Pumpen, wenn alle Masse in ganzen Metern eingesetzt werden:

$$Q = \frac{1}{m} \frac{\pi d^2}{4} v; \quad d = 1,128 \sqrt{m \frac{Q}{v}}.$$

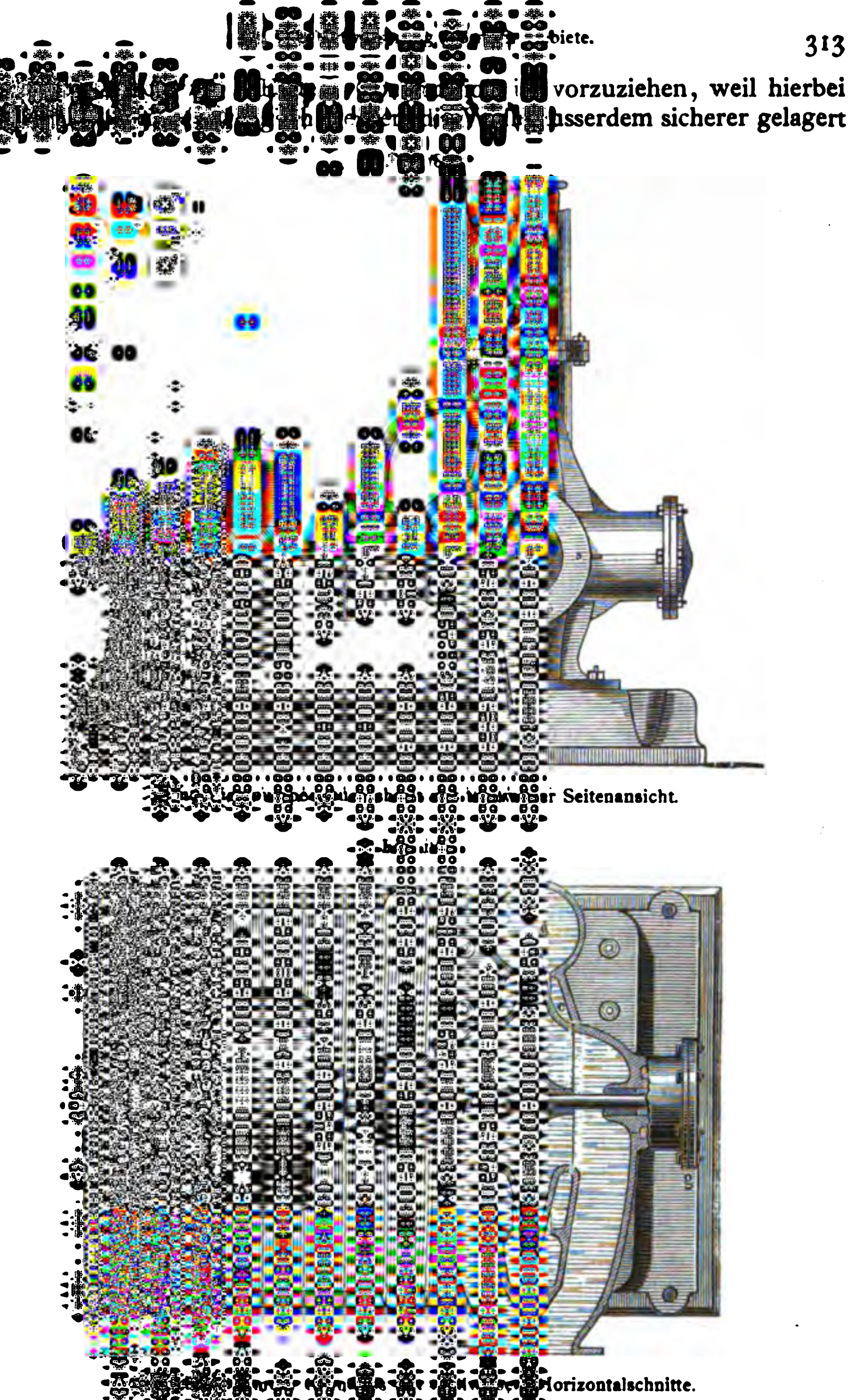
Der Coëfficient m kann bei sehr gut construirten Pumpen zu 1,10, bei minderwerthigen zu 1,15 bis 1,20 angenommen werden. Die Kolbengeschwindigkeit v, gleich $\frac{n s}{30}$, wenn n die Anzahl der einfachen Kolbenspiele pro Minute und s die Länge des Kolbenhubes bezeichnen, kann bis auf 1 m gewählt werden.

Die Centrifugalpumpe. In neuerer Zeit finden die Centrifugalpumpen die umfassendste Anwendung bei Entwässerungswerken und sind die Kolbenpumpen durch dieselben nahezu verdrängt worden. Die Wirkungsweise der Centrifugalpumpen ist folgende: Das in der Mitte einer Trommel eingeführte Wasser wird durch ein sich schnell drehendes Schaufelrad in Umdrehung versetzt, in Folge der Centrifugalkraft nach dem Umfange der Trommel geschleudert und hier aus einem tangential abgeleiteten Rohre weiter geführt. Die Einleitung des Wassers erfolgt in der Mitte an einer oder, wie es bei den neueren Constructionen allgemein üblich ist, an beiden Seiten; die beiden Röhren vereinigen sich unter dem Pumpengehäuse zu dem Saugrohre.

Das Schaufelrad besteht zumeist aus zwei auf der Welle aufgesetzten Tellern, zwischen welchen sich die Schaufeln befinden. Diese sind gekrümmt, um ein allmähliges Ueberführen des Wassers in das Druckrohr ohne Stoss zu bewirken. Bei den neueren Anordnungen ist die Welle in der Regel horizontal gelagert, während früher die verticale Aufstellung

*) Auf eine mit Fynje'schen Pumpen arbeitende Maschinenanlage zur Trockenlegung des Bremer Blocklandes wird am Schlusse dieses Abschnittes näher eingegangen.

... vorzuziehen, weil hierbei ... usserdem sicherer gelagert



... Seitenansicht.

... Horizontalschnitte.

werden kann, so dass keine Vibrationen eintreten und keine Seitendrucke stattfinden. Centrifugalpumpen mit verticalen Spindeln werden gewöhnlich unter dem niedrigsten Wasserspiegel aufgestellt, wodurch die Kosten der Fundirung sich erhöhen.

Fig. 180 und 181 stellen eine Centrifugalpumpe von Neut & Dumont in Paris im Querschnitte mit theilweiser Seitenansicht und im Grundrisse mit theilweisem Horizontalschnitte dar. Auf der Achse *a* ist ein Schaufelrad mit gekrümmten Schaufeln aufgesetzt. Dasselbe dreht sich in dem Gehäuse *c*, welches das in Umdrehung versetzte Wasser gegen den ringförmigen, sich allmählig erweiternden Umfang *d* und von diesem in das Druckrohr *e* führt. Während dessen strömt aus dem Saugrohre *f*, welches sich, wie aus Fig. 181 ersichtlich ist, in zwei Theile theilt und in der Mitte der Trommel einmündet, Wasser in diese ein, um continuirlich durch das Druckrohr abgeführt zu werden. Die Welle *a* ist in den Stopfbuchsen *g* gelagert, wodurch ein luftdichter Abschluss der Trommel erzielt wird, so dass bei gehörig dichter Verpackung der Stopfbuchsen das Schaufelrad nicht im Stande ist, Luft zu saugen. Um diesen luftdichten Abschluss vollkommen zu sichern, sind bei der vorliegenden Ausführung die Stopfbuchsen mit einem Wasserverschlusse versehen. Das Rohr *h* steht nämlich einerseits mit dem hohlen ringförmigen, die Stopfbuchse umgebenden Raume und andererseits mit der Trommel selbst in Verbindung, so dass das Wasser aus letzterer den Raum in der Stopfbuchse, durch welchen die Luft passiren müsste, anfüllt und ein luftdichter Abschluss herbeigeführt wird.

Am unteren Ende des Saugrohres befindet sich ein Saugkorb mit Ventil, letzteres, um ein Zurückfliessen des Wassers zu verhindern. Da das Ventil jedoch leicht undicht wird, so vermeidet man dasselbe auch durch Benutzung eines Absperrschiebers im Druckrohre oder durch einen sog. Dampf-Ejectionsapparat. Letzterer bewirkt das Ansaugen der Pumpe mit Hülfe einer durch einen Dampfstrom erzeugten Luftverdünnung.

Die Centrifugalpumpen sind für verschiedene Druckhöhen und Wassermengen verwendbar; eine Grenze in der Leistungsfähigkeit liegt nur darin, dass bestimmte Umdrehungsgeschwindigkeiten und Kraftübertragungen auf die Arbeitswelle aus practischen Rücksichten nicht überschritten werden können. Wird die Geschwindigkeit zu gross, so gleitet der Betriebsriemen, da sich derselbe in Folge der einwirkenden Centrifugalkraft nicht mehr dicht an die Scheibe anlegt. Gewöhnlich vergrössert man beim Gleiten des Riemens die Scheibe, um den adhärirenden Umfang entsprechend grösser zu machen. Hierdurch würde aber im vorliegenden Falle, da die Centrifugalkraft in Folge der höheren Umfangsgeschwindigkeit wächst, der Uebelstand nur vergrössert werden.

Die Saughöhe ist stets so gering wie möglich zu nehmen, sowohl um das Eindringen von Luft zu verhüten, als auch, um einen Ueberschuss an äusseren Luftdruck zu erlangen.

Der Nutzeffect gut construirter Centrifugalpumpen kann bei einer

Geschwindigkeit des Wassers in den Röhren von 2,50 m pro Secunde auf 60 Procent angenommen werden. Durch Verminderung der Wassergeschwindigkeit, welche man bei Verwendung grösserer Pumpen und weiter Röhren erzielt, kann der Nutzeffect bis auf 70 Procent gesteigert werden.

Die nachfolgende Tabelle giebt die wichtigsten Daten über die Centrifugalpumpen von Brodnitz & Seydel in Berlin, welche sich namentlich durch guten Nutzeffect und durch eine bequeme Zugänglichkeit zu den inneren Theilen auszeichnen. (Die Masse in Millimetern.)

	Für Hubhöhen bis 15 m											
Nummer der Pumpe	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Quantum Wasser gehoben pro Minute in l	150	300	600	1200	1800	2800	3800	5000	8000	11 000	17 000	25 000
Lichter Durchmesser des Rohres	40	52	80	105	130	160	185	210	260	315	400	470
Durchmesser der Riemenscheibe	52	105	105	130	160	210	260	260	315	400	500	600
Breite der Riemenscheibe	65	90	105	120	130	160	185	210	235	260	315	350
Betriebskraft pro m Förderhöhe in Pferdekräften	0,06	0,12	0,24	0,45	0,66	1	1,4	1,85	3	4,1	6,3	9,26
Preis complet mit Grundplatte, Riemenscheibe, Lagerbock mit Rothgusslagern, Stahlwelle . M.	115	160	200	260	350	440	550	650	875	1150	1600	2400
Preis für Fussventil mit Saugkopf M.	20	25	30	40	50	60	75	90	120	150	210	300

	Für Hubhöhen bis 30 m											
Nummer der Pumpe	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Quantum Wasser gehoben pro Minute in l	150	300	600	1200	1800	2800	3800	5000	8000	11 000	17 000	25 000
Lichter Durchmesser des Rohres	—	80	105	130	160	210	260	315	400	—	—	—
Preis complet M.	—	250	325	410	540	720	900	1100	8000	—	—	—
Preis f. Fussventil mit Saugkopf M.	—	40	46	60	74	100	130	170	250	—	—	—

Als Vorzüge der Centrifugalpumpen gegenüber den Wurfrädern und Wasserschrauben, zum Theil auch im Vergleiche mit den Kolbenpumpen ist hervorzuheben, dass dieselben für jede Hubhöhe bis auf 30 m geeignet sind. Ober- und Unterwasserspiegel können sich beliebig ändern, ohne dass die Wirksamkeit der Pumpe beeinträchtigt wird. Sinkt der Oberwasserspiegel derartig, dass das Wasser unnütz hoch gehoben wird, so kann man das Ableitungsrohr heberförmig gestalten und unter Wasser ausmünden lassen. Die Leistung kann durch Erhöhung der Geschwindigkeit beträchtlich gesteigert werden, wenn die Wasserzuflüsse sich vermehren. Bei den erst genannten Wasserhebemaschinen, Wurfrad und Schraube, muss die Geschwindigkeit eine constante sein, falls ein günstiger Nutzeffect erzielt werden soll; selbst eine Verminderung derselben ist unzulässig. Die Kolbenpumpe gestattet wohl diese, aber keine beträchtliche Steigerung, da hierbei wegen des plötzlichen Wechsels der Bewegung Stösse entständen, welche die Haltbarkeit der Maschine aufs Nachtheiligste beeinflussen würden. Letzterer gegenüber zeichnet sich die Centrifugalpumpe noch durch geringere Abmessungen, geringere Anschaffungs- und Fundirungskosten aus. Nur in Betreff des Nutzeffectes und der Kohlenersparniss bei Dampfbetrieb zeigen die Kolbenpumpen bester Construction und Ausführung Vortheile gegenüber den Centrifugalpumpen, welche jedoch oft durch die höhere Verzinsung und Amortisation des Anlagecapitales und durch die kostspieligeren Reparaturen, z. B. Nachbohren des Pumpenkörpers, Erneuerung von Kolben und Ventilen nach längerem Betriebe, aufgewogen werden. Gute Lager und Schmierapparate vorausgesetzt, stellen sich die Reparaturkosten der Centrifugalpumpen im Vergleiche mit den Kolbenpumpen erheblich niedriger.

Die Motoren der Wasserschöpfwerke.

Die Betriebskraft eines Pumpwerkes in Pferdekräften ist nach der Formel

$$N = \frac{m \,.\, Q\; 1000 \,.\, h}{75}$$

zu berechnen, in welcher der Werth von m

für sehr gute Pumpen = 1,20,
für gute Pumpen = 1,25,
für gewöhnliche Pumpen = 1,33—1,50

zu setzen ist.

Für grössere Entwässerungsanlagen sind als Motoren der Pumpwerke ausschliesslich die Windräder und Dampfmaschinen geeignet, während Wasserräder nur unter den in den seltensten Fällen entsprechenden localen Verhältnissen Verwendung finden können. In Betreff eines Beispieles der Benutzung derselben wird auf die Anmerkung verwiesen*).

*) Eine Turbinenanlage zum Betriebe von Centrifugalpumpen für die Entwässerungsanlage am Flader See (Jütland) bespricht Rühlmann a. a. O. Seite 696. Die Anlage, von Nagel & Kämp in Hamburg ausgeführt, besteht

Die Windräder. Die Windräder finden zum Betriebe der Wasserhebemaschinen für die Trockenlegung von Ländereien die umfassendste Anwendung. Sie haben gegenüber der Dampfkraft den Vorzug der geringeren Anschaffungs- und Erhaltungskosten sowie der überaus niedrigen Betriebskosten; dagegen besitzen sie den Nachtheil einer unzuverlässigen und für grössere Trockenlegungen zu geringen Leistung. Erstere Vorzüge sind trotz der Unregelmässigkeiten im Betriebe die Veranlassung gewesen, dass die Windräder in Holland, an der deutschen Nordseeküste sowie in der Weichselniederung die weiteste Verbreitung gefunden haben.

Die Unregelmässigkeit in der Wirksamkeit der Windräder rührt von der ungleichen Windstärke her. Ist die Entwässerung gerade in der Zeit einer länger andauernden Windstille nöthig, so treten oft die schwersten Schäden ein. Es ist dieser Umstand mehrfach Veranlassung gewesen, neben den Windrädern Dampfmaschinen als Reservemotoren aufzustellen. Die Zahl der vortheilhaften Windtage ist in den einzelnen Gegenden und je nach der Aufstellung des Windrades verschieden; die Terrainbeschaffenheit, die Lage des Aufstellungsortes in der Nähe ausgedehnter Wälder u. s. w. beeinflussen die Geschwindigkeit des Windes in erheblichem Masse. Die vortheilhafteste Windgeschwindigkeit für den Betrieb des Rades beträgt 7 m in der Secunde; im Durchschnitte kann man an der Meeresküste auf 200 bis 280 Windtage im Jahre rechnen, im Binnenlande, wo überdies durch Wälder, Gebirge u. s. w. eine erhebliche Abschwächung stattfindet, vermindert sich die Zahl der jährlichen Windtage auf 150.

Bezeichnet N die Leistung des Windrades in effectiven Pferdekräften, F die dem Winddrucke ausgesetzte Fläche in Quadratmetern, v die secund-

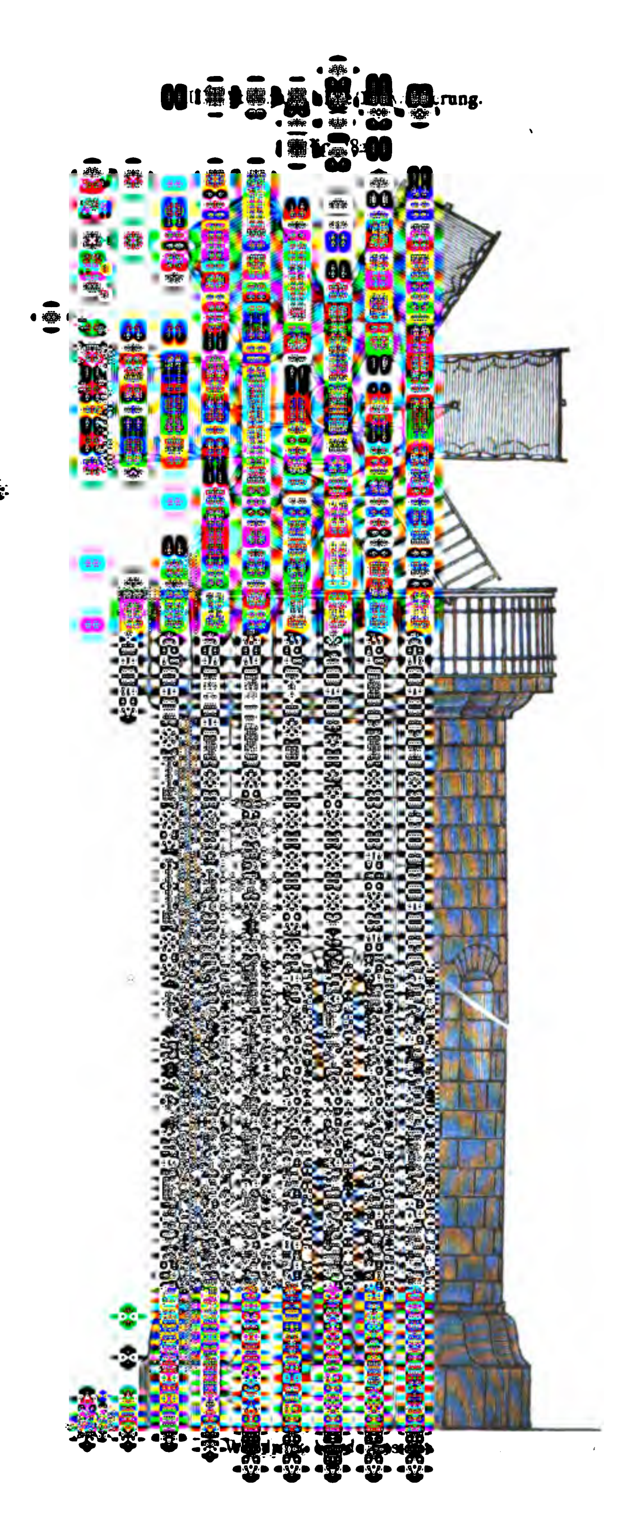
---

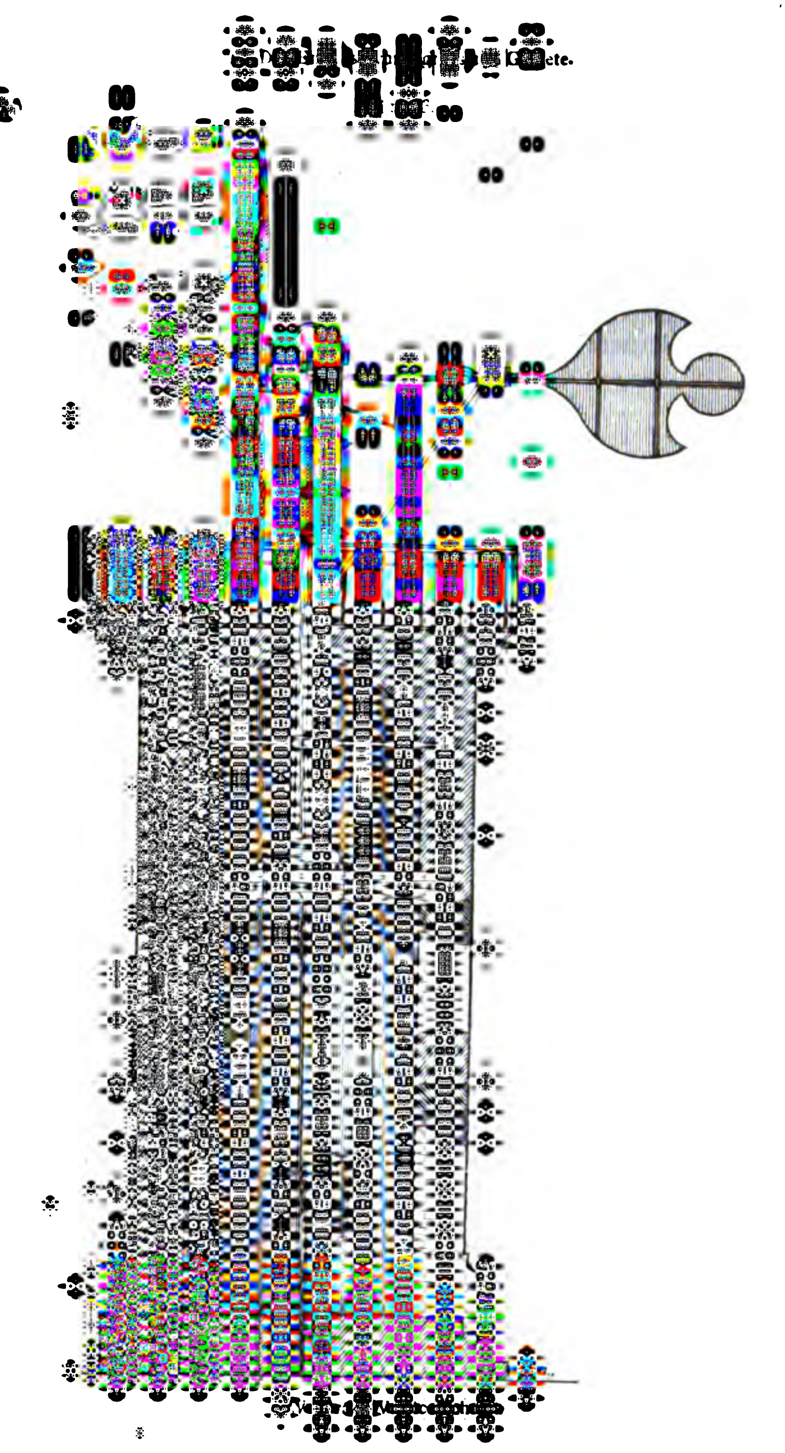
aus drei neben einander aufgestellten Nagel'schen Turbinen, deren jede zwei Centrifugalpumpen mit verticalen Drehachsen treibt. Jede Turbine hat 2,68 m äusseren Durchmesser und entwickelt bei einem Gefälle von 1,25 m eine Nutzarbeit von 50 Pferdekraft. Von den 6, mit Leitschaufelapparaten versehenen Centrifugalpumpen besitzt jede einen Durchmesser von 1,50 m und ein Saugrohr von 0,70 m lichter Weite.

Mit diesem Werke werden, wenn das Gefälle der Turbinen 1,25 m beträgt, durch je 30,9 cbm Aufschlagwasser geliefert:

5 cbm bei 3,75 m Förderhöhe,
6,50 „ „ 2,82 „ „
9,25 „ „ 1,88 „ „
15,50 „ „ 0,94 „ „

Die Transmission beschränkt sich auf ein einziges Stirnradvorgelege in dem Verhältnisse 23:6, welches die Spindeln der Centrifugalpumpen von der Turbinenachse betreibt, so dass die erstere 3,8 Umdrehungen bei einer Umdrehung der letzteren macht. Die Pumpen stehen in der Turbinenkammer und sind gleich den Turbinen bequem zugänglich gemacht. Durch Oeffnen eines Ablassventiles kann bei geschlossener Einlassschütze jede Turbinenkammer entleert werden.





...erung.

... einen von der Construction ... besteht die Beziehung

... älterer Construction gleich ... dräder gleich 0,0005 gesetzt

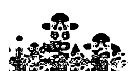
... mit der dritten Potenz der ... h, welchen schwerwiegenden ... tors ausübt.

...triebsstellung.

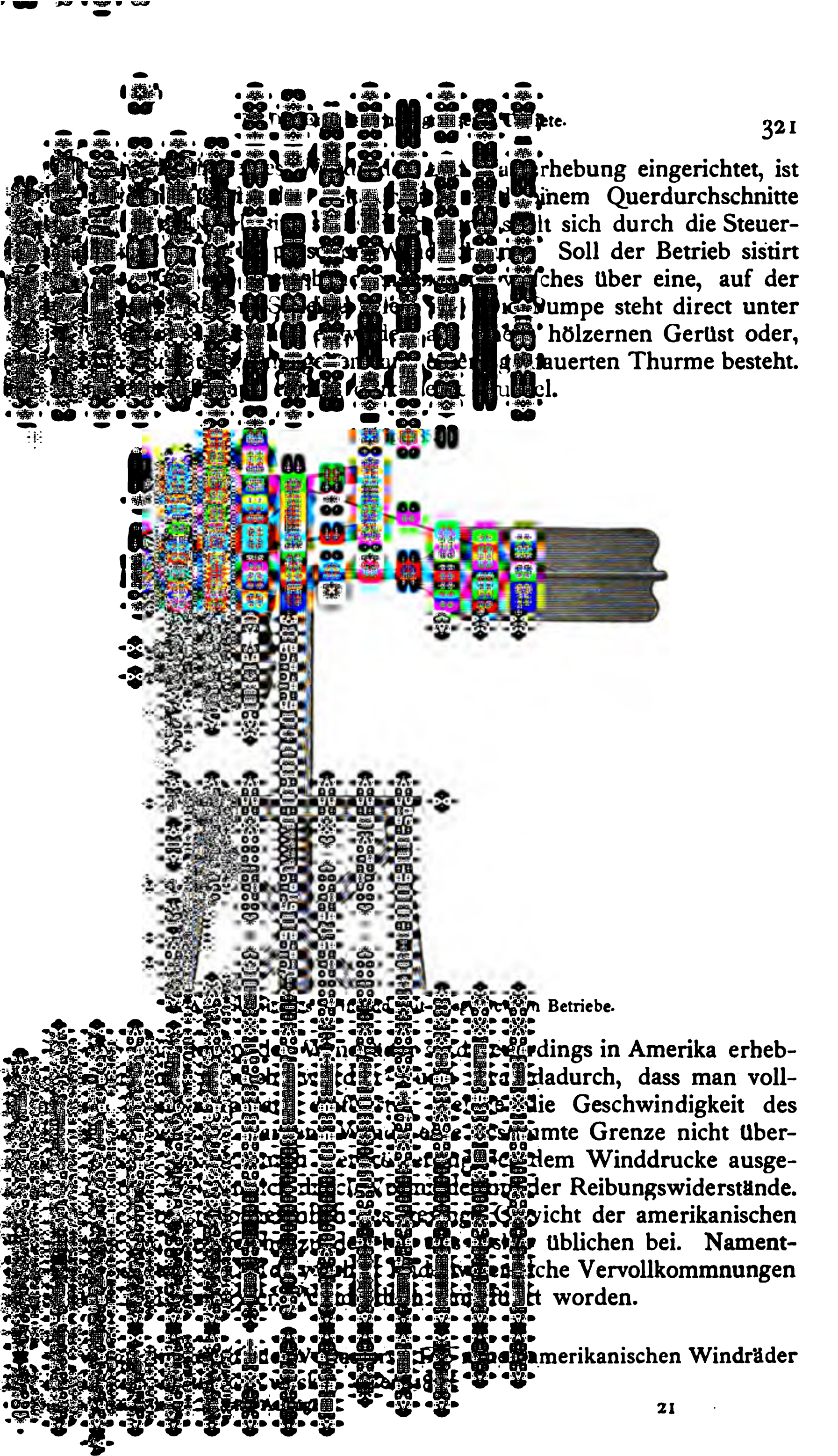
...windigkeit 10 effective Pferde- ...te der Pumpe von 75 % 562,5 l ...en Windgeschwindigkeiten die

[illegible]	4	5	6	7	8
[illegible]	3	6	10	15	23
[illegible]	168,7	337,5	562,5	843,7	1293,7

...nstige Wirkung zu erzielen, ...nd abschwächenden Objecten



...rhebung eingerichtet, ist
...inem Querdurchschnitte
...lt sich durch die Steuer-
... Soll der Betrieb sistirt
...ches über eine, auf der
...umpe steht direct unter
... hölzernen Gerüst oder,
...auerten Thurme besteht.
...el.



... Betriebe.

...dings in Amerika erheb-
...dadurch, dass man voll-
...ie Geschwindigkeit des
...mte Grenze nicht über-
...dem Winddrucke ausge-
...der Reibungswiderstände.
...icht der amerikanischen
... üblichen bei. Nament-
...che Vervollkommnungen
...t worden.

...merikanischen Windräder

Fig. 184 und 185 geben eine Darstellung dieses Rades in der Betriebsstellung und bei ausgerücktem Betriebe.

Die zur Entwässerung der holländischen Polder benutzten Windräder besitzen eine Ruthenlänge von im Maximum 28 m; sie heben („mahlen") bei gutem Winde 1 cbm, bei mittlerem Winde 0,6 und bei schwachem Winde 0,2 bis 0,3 cbm Wasser pro Secunde 1 m hoch. Die Anschaffungskosten dieser Windmühlen in grössten Abmessungen werden sehr verschieden angegeben; in Holland sollen dieselben bis 50000 M. betragen, während die grössten Mühlen in Ostfriesland nur 15000 M. kosten. Näheres darüber in der unten angegebenen Quelle.*)

Nach den Angaben von Storm-Buysing**) können durch ein Windrad bei einer Förderhöhe von 1,25 bis 1,30 m bis 500 ha trocken gehalten werden. Mit den kleineren Windrädern, deren Ruthenlänge 12 bis 20 m beträgt, können 40 bis 200 ha entwässert werden. Die in der Provinz Preussen zur Entwässerung der Marschen gewöhnlich angewendeten Windräder von 17 m Ruthenlänge haben eine Leistungsfähigkeit von 6 Pferdekraft und können 200 ha vom Wasser frei halten.

Die zur Entwässerung des Marschgebietes des Amtes Bergedorf bei Hamburg in grosser Zahl angewendeten Windräder haben 12,6 bis 20 m Ruthenlänge und können 38 bis 57 ha entwässern. Die Windräder mittlerer Grösse kosten einschliesslich der zur Förderung benutzten Wasserschnecke und des Grundwerkes 2400 bis 3600 M. Die Unterhaltungskosten betragen jährlich ausschliesslich der Beaufsichtigung 108 M. Nach Verlauf von 30 Jahren wird auf den Neubau des Werkes gerechnet.

Die Dampfmaschinen. Für grössere Entwässerungsanlagen werden entweder transportable oder feststehende Dampfmaschinen angewendet und zwar in der Regel die letzteren, da der Brennmaterialaufwand, ferner Abnutzung und Reparaturen sich bei denselben niedriger stellen als bei den transportablen Maschinen mit ihren Kesseln. Nur bei interimistischer Aufstellung, wenn also eine Veränderung des Aufstellungsortes des Motors vorgesehen oder wenn die Maschinen nach Durchführung einer bestimmten Arbeit gänzlich ausser Function gesetzt werden, ist die Benutzung von locomobilen Dampfmaschinen angezeigt. Letztere können überdies nur für beschränkte Arbeitsleistung, bis etwa 30 Pferdekraft, ausgeführt werden, während die Stärke der stationären Maschinen bezw. ihrer Kessel eine für den vorliegenden Zweck unbegrenzte ist.

In Betreff der Kessel empfiehlt es sich, je nach dem zur Verfügung stehenden Brennmaterial das für dieses passendste System zu wählen und namentlich im geeigneten Falle die neueren Constructionen der Galloway-Kessel, der Feuerröhren-Kessel und der Tenbrink-Kessel in An-

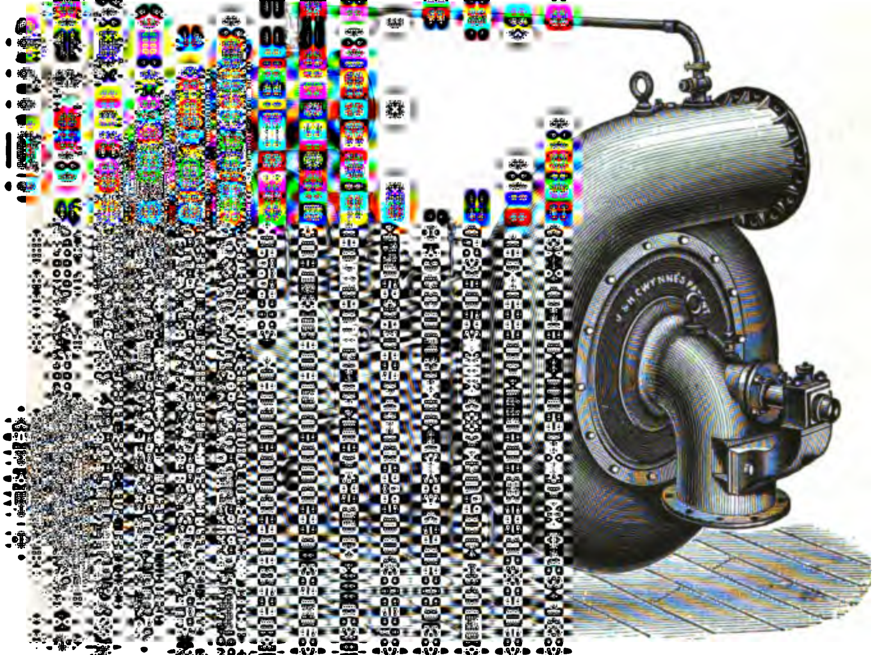
*) Ueber Ent- und Bewässerung von Ländereien von F. A. Treuding, Seite 69; Hannover 1865. In den folgenden Angaben über die Grösse der durch ein Windrad zu entwässernden Flächen mehrfach benutzt.

**) Storm-Buysing, Handleiding tot de Kennis der Waterbouwkunde; Breda 1864.

... in der verschiedensten ... th sind liegende Dampf- ... r Maschinen in grösster ... Cylindern des Compound-

... Wasserhaltung dienenden ... rigen Dampfkessel nicht





... wynne in London.

... f die in neuester Zeit viel- ... Motors mit der Centrifugal- ... urchaus zweckentsprechend ... binationen bestanden aus ... n Vorgelege — Zahnräder ... pe betrieben. In neuester ... Gwynne in London diese ... ldet und in den mannig-

... mpfkesseln und -Maschinen ... hingewiesen werden. Be- ... eine Maschinenlehre, Band I.

faltigsten Anordnungen, mit oder ohne Expansion bezw. Condensation, mit horizontaler und verticaler Dampfmaschine hergestellt. Fig. 186 zeigt diese Combination, bestehend aus einer Zwillingsdampfmaschine und zwei Centrifugalpumpen in grössten Abmessungen. Die Kurbelwelle der Dampfmaschinen ist unmittelbar zur Achse der Pumpen fortgesetzt; die Flügelräder der letzteren functioniren gleichzeitig als Schwungräder für die Dampfmaschine.

Der Kohlenverbrauch der stationären Dampfmaschinen zum Betriebe von Entwässerungspumpen ergiebt sich bei den neueren Systemen auf 1,5 bis 2,5 kg pro Stunde und effective Pferdekraft des Motors. Der Kohlenverbrauch für die Nutzpferdekraft, d. h. für das secundliche Heben von 75 l Wasser auf 1 m Höhe, stellt sich nach holländischen Angaben auf 2,5 bis 3 kg pro Stunde. Der Kohlenverbrauch bei dem Heben des Wassers durch Wasserschrauben ist höher als bei der Anwendung von Pumpen oder Wurfrädern. Eine Locomobile erfordert 3 bis 3,5 kg Kohle pro effective Pferdekraft.

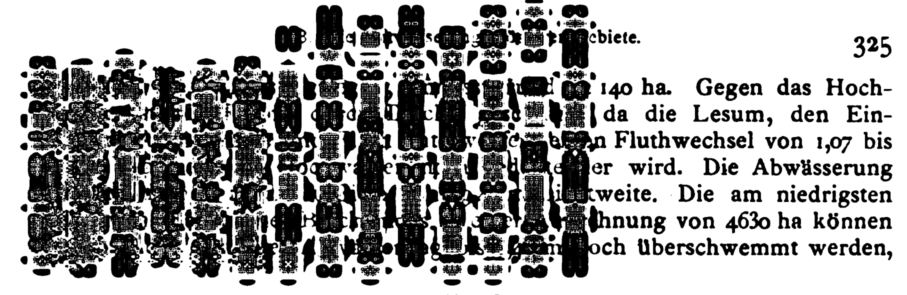
Die Kosten der Dampfmaschinen-Anlagen einschliesslich der Pumpen, Gebäude und Schornsteine haben sich überaus verschieden ergeben, so dass sich kein Mittelwerth aus denselben ziehen lässt. Im Durchschnitte stellen sich die Gesammtkosten der Maschinenanlage, excl. Canal- und Schleusenbauten, bei einer Stärke der Maschinen von 50 bis 150 Pferdekraft auf 2000 bis 3200 M. pro Pferdekraft.

Beispiele von Schöpfwerken für Entwässerungsanlagen.

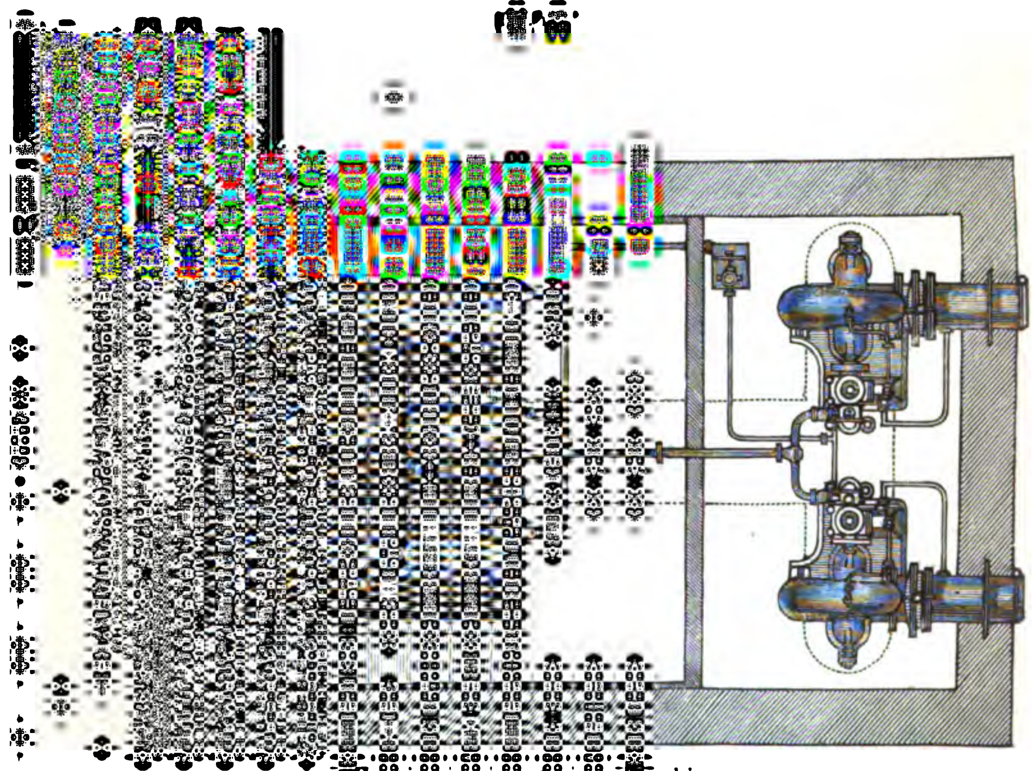
1) Pumpwerk zur Trockenlegung des Legmeer, am Flusse Amstel südlich von Amsterdam. Fig. 187 zeigt den Grundriss der Anlage. Die beiden Pumpenmaschinen sind directe Combinationen der Dampfmaschinen mit Centrifugalpumpen, im Principe übereinstimmend mit Fig. 186, jedoch mit stehenden Dampfcylindern, aus denen die Kolbenstangen nach abwärts geführt sind. Der Antrieb der Pumpen erfolgt direct von der Schwungradwelle. Die Maschinen arbeiten mit Condensation und mit während des Ganges verstellbarer Expansion. Die Dampfcylinder haben einen Durchmesser von 0,52 m, der Kolbenhub beträgt 0,46 m. Der Durchmesser der Pumpengehäuse beträgt 2,86 m, die Weite der Ausflussröhren 0,91 m. Die Saugleitung besteht für jede Pumpe aus zwei gesonderten Röhren zu beiden Seiten des Gehäuses. Dieselben münden unabhängig von einander in dem Unterwasser. Der Querschnitt der beiden Saugröhren ist gleich dem des Druckrohres. Beide Pumpen zusammen sind im Stande, pro Minute 75 cbm Wasser 5,18 m hoch zu heben. An den Druckröhren sind Absperrschieber angebracht, durch welche die Ventile am unteren Ende der Saugröhren überflüssig werden. Die drei Kessel sind nach dem Cornwallsysteme mit je zwei Flammröhren angeordnet; einer derselben dient als Reservekessel. Der Durchmesser der Kessel beträgt 2,05 m, ihre Länge 4,72 m.

Die Maschinen sind seit dem Jahre 1874 in unausgesetztem Betriebe; das durch die Trockenlegung zu gewinnende Terrain beträgt 1660 ha.

2) Entwässerung des Bremer Blocklandes. Dieses, der freien Stadt Bremen zugehörige Marschgebiet, am rechten Ufer der Weser, zwischen dieser



140 ha. Gegen das Hoch-
da die Lesum, den Ein-
n Fluthwechsel von 1,07 bis
er wird. Die Abwässerung
weite. Die am niedrigsten
hnung von 4630 ha können
och überschwemmt werden,



ndriss.

Marsch nur bei anhaltendem
en überschwemmt wird, da
ssenwassers die Abwässerung

in einer Stärke von 0,30 bis
ommt eine Moorschicht von
runter blauer und weisser
und Wummensied haben
Grundstücke lehmigen und

Das Meliorationsproject bestand darin, das Land während der Vegetationsperiode wasserfrei zu halten, es also für eine sichere Wiesen- und Weidenutzung geeignet zu machen. Am 1. Mai jedes Jahres sollte das Gebiet trocken gelegt werden. Die Entwässerungsanlage ist nach den Projecten des Baudirectors Berg in den Jahren 1862 bis 1864 ausgeführt worden und seit ihrer Vollendung in regelmässigem Betriebe. Die Ausführung erfolgte in der Art, dass der Staat die zur Entwässerung erforderliche Maschinenanlage und die damit in Verbindung stehenden Arbeiten mit Ausnahme der Entwässerungscanäle und Gräben auf eigene Kosten herstellte und unterhält, derartig, dass durch die mittelst Dampfkraft auszuführende Entwässerung die am tiefsten liegenden Ländereien während der sechs Sommermonate vom Mai bis October ganz trocken gelegt werden, in den übrigen Monaten des Jahres aber nicht höher als 0,30 m mit Wasser überdeckt sein sollen. Die betheiligten Grundbesitzer bilden einen Entwässerungsverband, dessen Mitglieder je nach dem Umfange des Interesses der verschiedenen Feldmarken nach den Vorschriften der Bremischen Deichordnung gewählt wurden. Dieselben zahlen, in drei Classen getheilt, so lange nur eine Dampfmaschine in Betrieb ist, in den ersten fünf Betriebsjahren 12000 Thaler Gold, in jedem der folgenden Jahre 14000 Thaler Gold. Bei Aufstellung einer zweiten Dampfmaschine soll der Beitrag um ein Drittel, vorbehaltlich einer Ermässigung, falls die Betriebskosten sich nicht in diesem Verhältnisse vermehren sollten, erhöht werden. Die Hauptabzugscanäle und sonstigen Gräben sind von dem Verbande herzustellen und zu unterhalten. Nach fünfzehn Betriebsjahren ist der Verband berechtigt, den Vertrag aufzulösen: der Staat hat alsdann an Stelle des zu beseitigenden Pumpwerkes ein neues Siel von gehöriger Oeffnung herzustellen.

Die zur Trockenhaltung der Niederung zu schöpfende Wassermenge wurde für den Fall, dass von October bis März ein natürlicher Abfluss oder eine künstliche Hebung nicht stattgefunden hat, unter den ungünstigsten Verhältnissen für das ganze Gebiet auf 81980000 cbm berechnet. Die Förderhöhe beträgt durchschnittlich 1,16 m; in gewissen Perioden ist dieselbe jedoch noch bedeutender. Wenn die Schöpfwerke 90 Tage à 20 Stunden in Betrieb sein sollen, um die Trockenlegung zu bewirken, so ergiebt dies eine secundliche Leistung von 12,60 cbm. Bei der angegebenen Hubhöhe von 1,16 m würde die pro Secunde zu verrichtende Arbeit

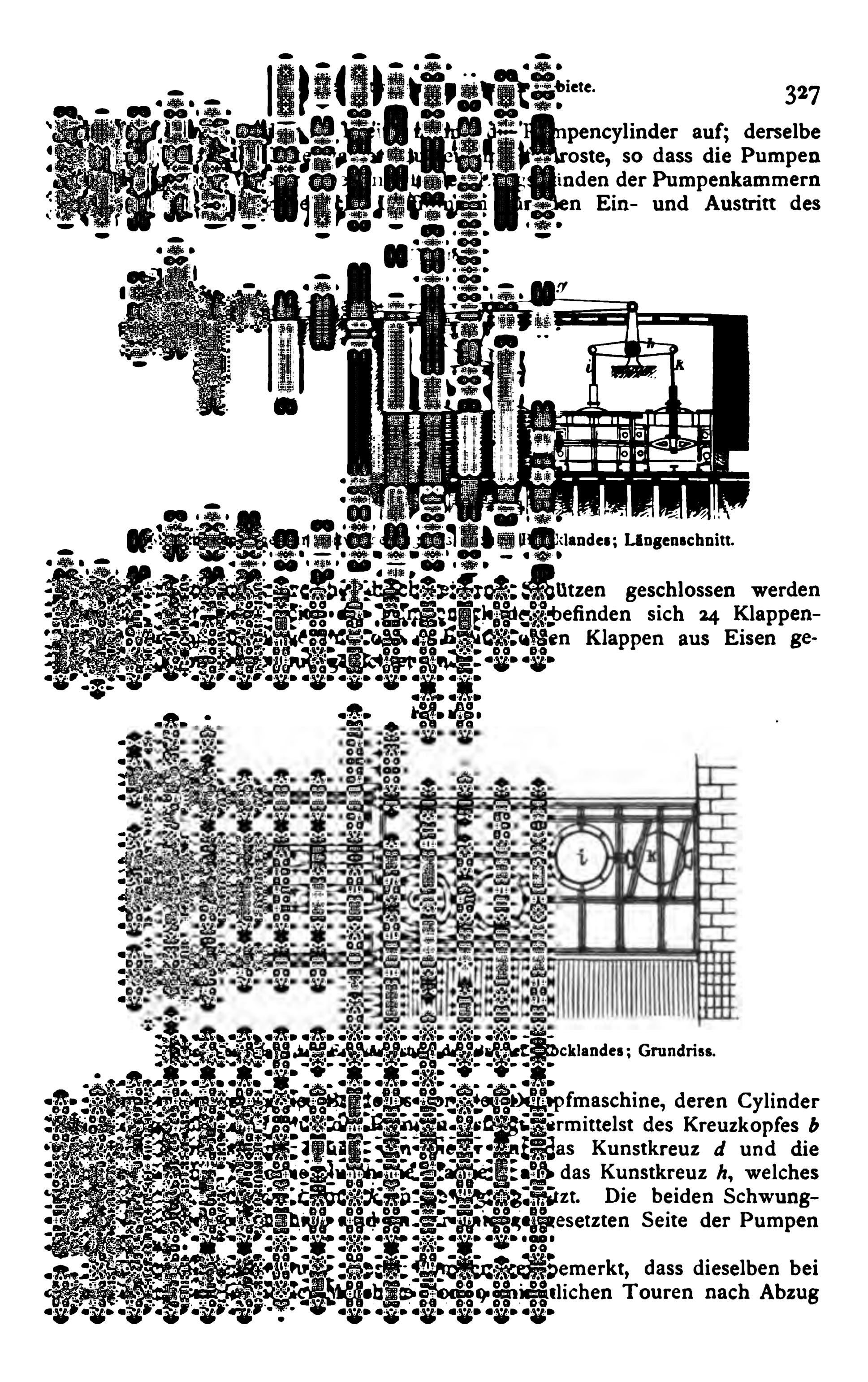
$$12,6 \cdot 1000 \cdot 1,16 = 14616 \text{ Meterkilogramm}$$

oder 194,7 Netto Pferdekraft betragen müssen.

Die Maschine ist jedoch in Berücksichtigung des Umstandes, dass die Förderhöhe in einigen Perioden des Jahres bedeutender ist als 1,16 m, stärker ausgeführt worden und zwar zu einer Effectivleistung von 250 Pferdekraft. Das gewählte System ist die liegende Zwillingsmaschine mit Expansion und Condensation. Der Durchmesser der Dampfcylinder beträgt 0,84 m, der Kolbenhub 1,52 m. Zum Betriebe der Maschinen sind drei Dampfkessel erforderlich, für 4 Atmosphären eingerichtet, 10,36 m lang, 1,98 m im Durchmesser, mit 2 Heizröhren von je 0,73 m Durchmesser für innere Feuerung. Ein vierter Kessel dient als Reserve.

Zum Heben des Wassers dienen vier Fynje'sche Kastenpumpen, deren Betrieb durch die Maschine aus der Seitenansicht und dem Grundrisse der Anlage Fig. 188 und 189 ersichtlich ist. Jede der Pumpen hat einen Durchmesser von 2,44 m und 1,52 m Hub. Ein aus Kesselblech hergestellter Kasten

...mpencylinder auf; derselbe
...roste, so dass die Pumpen
...inden der Pumpenkammern
...en Ein- und Austritt des



...klandes; Längenschnitt.

...ützen geschlossen werden
...befinden sich 24 Klappen-
...en Klappen aus Eisen ge-

...ocklandes; Grundriss.

...pfmaschine, deren Cylinder
...rmittelst des Kreuzkopfes *b*
...as Kunstkreuz *d* und die
... das Kunstkreuz *h*, welches
...tzt. Die beiden Schwung-
...esetzten Seite der Pumpen

...emerkt, dass dieselben bei
...lichen Touren nach Abzug

von 8 Procent für Verlust durch die Ventile u. s. w. 471,15 cbm Wasser in der Minute fördern.

Nach Ingangsetzung des Pumpwerkes wurden 22 der vorhandenen 26 zur Abwässerung des Marschgebietes dienenden Siele beseitigt. Um jedoch das Binnenwasser, so weit dies durch natürlichen Abfluss möglich ist, entfernen zu können, ist in der Nähe des Maschinengebäudes ein neues Siel mit drei Oeffnungen von je 4,10 m Lichtweite erbaut worden; auch wurde die Einrichtung getroffen, dass das Binnenwasser, wenn es höher als das Aussenwasser steht, durch die Pumpenkammern abfliessen kann, indem sich die Ventilklappen, welche einen hinreichenden Durchfluss gestatten, in Folge des Wasserdruckes selbstthätig öffnen. Ferner kann das neu angelegte Siel in trockener Jahreszeit zur Einleitung von Wasser in die Niederung benutzt werden, um erforderlichen Falls die Gräben zu füllen.

Die Kosten der ganzen Anlage, Gebäude, Maschinen, Erbauung des Sieles, Erdarbeiten, Uferdeckwerke, Expropriationen u. s. w. betrugen 728 184 M. Die Seitens der Interessenten auszuführenden Arbeiten, als die Verbreiterung und Vertiefung der alten Gräben, die Erstellung neuer Entwässerungsgräben u. s. w. ergaben sich auf 138 600 M., so dass die Gesammtsumme der Kosten 866 784 M. betrug. Es ergiebt dies pro Hektar 71,39 M.

Von besonderem Interesse sind die Berichte über die Wirksamkeit der Anlage in dem regenreichen Jahre 1867, in welchem die Niederschlagshöhe 756 mm betrug, während dieselbe nach einem 30jährigen Durchschnitte nur 637 mm ergiebt. Der Wasserstand der Weser ging theils in Folge der starken Niederschläge im mittleren Deutschland, theils in Folge der vorherrschenden West- und Nordwestwinde weit über das gewöhnliche Durchschnittsmass hinaus, so dass eine natürliche Abwässerung nur in verschwindend kleinem Umfange stattfinden konnte.

Das Pumpwerk war vom 1. Januar 1867 ab wiederholt und meist längere Zeiträume hindurch thätig; bereits im Februar stieg das Aussenwasser auf 2,75 m und auch der Binnenwasserstand hob sich, obwohl die Maschinen, wenn auch nicht anhaltend, arbeiteten. Vom 1. bis 7. März waren die Maschinen 147 Stunden in Betrieb, also pro Tag durchschnittlich 21 Stunden, und förderten 3 696 000 cbm Wasser. Dennoch stieg das Binnenwasser um 0,14 m. Der höchste Aussenwasserstand betrug in dieser Zeit 2,13 m. Erst mit dem Fallen dieses gelang es, das Wasser in der Niederung zu senken. Im April stieg das Aussenwasser jedoch wieder auf 2,70 m und obwohl die Pumpen vom 5. bis 11. April 159 Stunden in Thätigkeit waren, hob sich dennoch das Binnenwasser, so dass man, durch die wiederholten Erfahrungen belehrt, es aufgab, bei so hohen Aussenwasserständen zu pumpen. Es erhellt ohne Weiteres, namentlich aus den geförderten Wassermengen, dass nicht das Niederschlagwasser, sondern das Kuverwasser die Thätigkeit des Pumpwerkes gelähmt und theilweise unmöglich gemacht hatte.

Erst als das Aussenwasser bedeutend gefallen war, gelang es, mit der Entwässerung rascher vorzuschreiten; aber erst Ende Juni war der normale Binnenwasserstand erreicht, nachdem 24 Millionen cbm mehr, als man für die Leistungsfähigkeit der Maschinen berechnet hatte, ausgeschöpft waren. Die Heuernte des Jahres 1867 entschädigte indessen vollständig für die Anstrengungen und hatte man es lediglich dem Wasserhebewerke zu danken, dass die Ernte überhaupt noch ziemlich gut ausfiel.

Jedenfalls hat sich in diesem Jahre herausgestellt, dass man von vorn herein auf das Kuverwasser zu wenig Rücksicht genommen hatte. Dasselbe wächst mit der Differenz zwischen Binnen- und Aussenwasserstand und es muss, wenn diese Differenz eine gewisse Höhe erreicht hat, die Menge des Kuverwassers bedeutender werden als die von den Pumpen ausgeschöpfte Wassermenge. Die Fortsetzung der Melioration muss demnach darauf gerichtet sein, in erster Linie die Menge des Kuverwassers zu vermindern und zwar ist dies nur durch Verbesserung der an einzelnen Stellen mangelhaften Deiche möglich, welche zum Theil in durchlässigem Seesande eingeschnitten sind. So lange dies nicht ausgeführt ist, kann ein Auspumpen des Binnenlandes erst nach Ablauf des Hochwassers rationell sein, da andernfalls das Abwässern zu einer Sisyphus-Arbeit werden muss.

3) Entwässerung der Po-Niederung bei Ferrara. Das Land ist zum Theil versumpfter Marschboden, zum Theil vollständig überschwemmt; die zu meliorirende Fläche besitzt die enorme Grösse von 51 760 ha. Die Schöpfmaschinen wurden bei Codigora am Po di Volano aufgestellt, welcher nach einer entsprechenden Regulirung das gehobene Wasser dem Adriatischen Meere zuführt. Die zu entwässernde Fläche wurde, zum Theil mit Benutzung vorhandener Canäle, mit einem netzförmigen Systeme von Canälen durchzogen, durch welche quadratische Flächen von je 576 ha gebildet wurden. Innerhalb jeder dieser Flächen wurden noch 2 kleinere Entwässerungscanäle angelegt, so dass hierdurch Unterabtheilungen von je 144 ha gebildet wurden. In gleicher Weise wie für das Netz der Entwässerungscanäle wurde auch für ein zweckmässiges Strassennetz Sorge getragen. Mehrere Sammelcanäle durchschneiden das Gebiet; sie nehmen das Wasser der Canäle zweiter Ordnung auf und vereinigen sich schliesslich zu einem Haupt-Sammelcanale, welcher an seinem Ende, unmittelbar an der Pumpwerksanlage, 54 m Sohlenbreite besitzt. Er leitet das Wasser in ein gemauertes Bassin, in welches die Saugröhren der Pumpen einmünden.

Die Leistung der Pumpen wurde auf 30 cbm pro Secunde festgesetzt, die mittlere Förderhöhe auf 2,6, die grösste Förderhöhe auf 3,66 m. Die Pumpmaschinen, von J. & H. Gwynne in London ausgeführt, haben im Principe die Anordnung Fig. 186 (Seite 323).

Auf der Grundplatte befindet sich zu beiden Seiten je eine Centrifugalpumpe, in der Mitte die Dampfmaschine. Die Kurbelwelle der letzteren ist gleichzeitig Pumpenwelle. Die Maschinen sind mit zwei Cylindern nach dem Compound-Systeme angeordnet; die Durchmesser der Kolben betragen 0,70 und 1,18 m bei 0,68 m Hub. Für jede Maschine sind zwei Oberflächen-Condensatoren mit 69,67 qm Oberfläche in den Röhren angebracht, in welchen sich der abgehende Dampf condensirt. Die Pumpengehäuse haben einen Durchmesser von 4,57 m, die Flügelräder 1,52 m Durchmesser; die lichte Weite der Saug- und Druckröhren beträgt 1,37 m. Die aus Stahl gefertigten Kurbel- und Pumpenwellen, welche durchschnittlich 115 Umdrehungen in der Minute machen, haben einen Durchmesser von 0,21 m. Vier solche Maschinen, also acht Pumpen, sind aufgestellt, welche den Dampf von zwei Gruppen zu beiden Seiten des Maschinenhauses befindlicher Dampfkessel erhalten. In jedem Kesselhause sind fünf Doppelkessel nach Galloway's Röhrensysteme mit je zwei Feuerungen untergebracht. Die Heizfläche jedes Kessels beträgt 67,80 qm, die Rostfläche 2,79 qm, die Dampfspannung 5 Atmosphären.

... 51,70 m bei einer Tiefe von ... haben eine Länge von ... ist die Disposition dieser ... dargestellt.

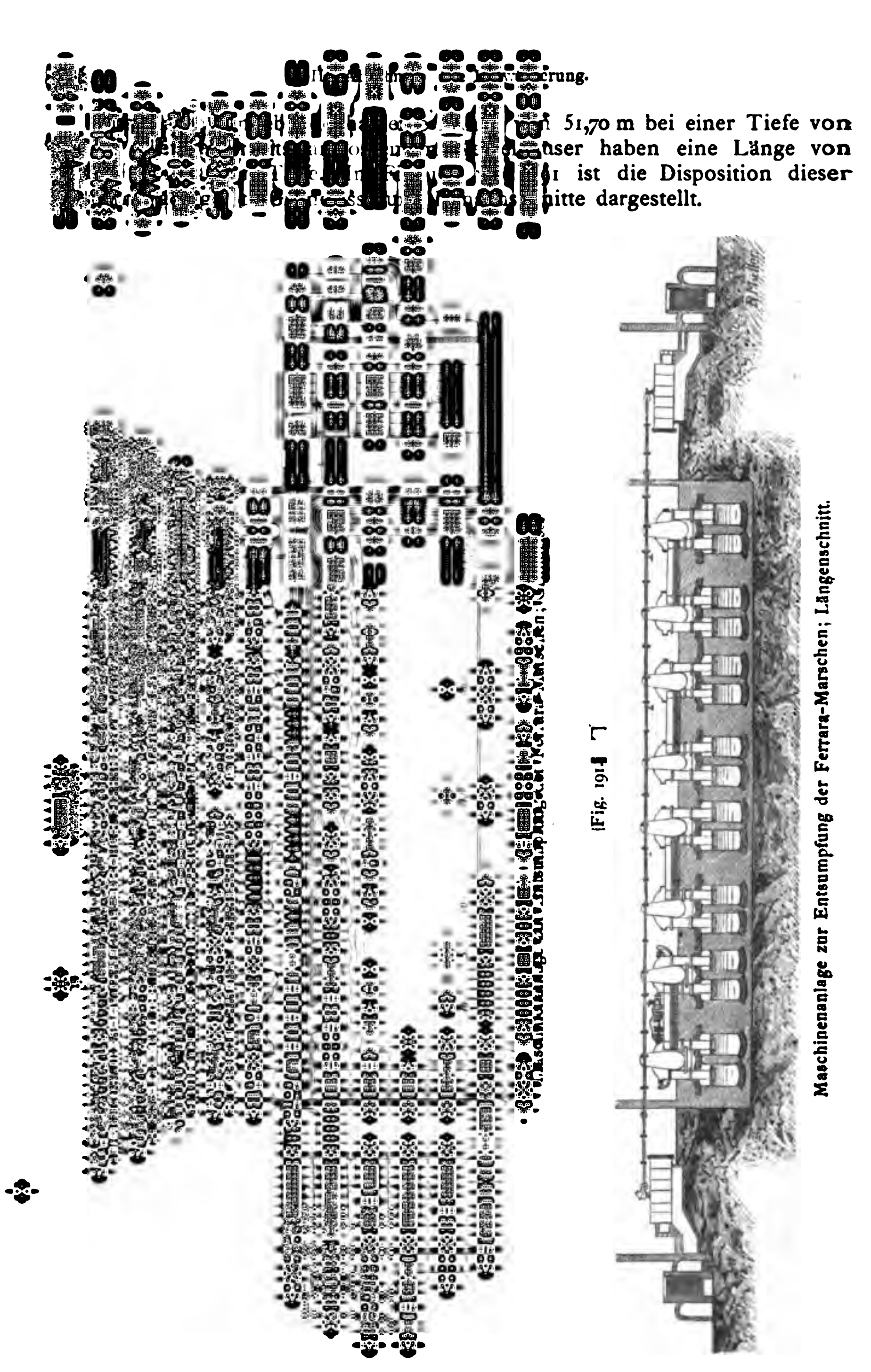


Fig. 191. Maschinenanlage zur Entsumpfung der Ferrara-Marschen; Längenschnitt.

Nach den Ergebnissen der Jahre 1875—1877 beträgt der durchschnittliche jährliche Niederschlag auf die Fläche von 51 000 ha 430 591 800 cbm, die mittelst der Pumpen gehobene Wassermenge 148 812 224 cbm, so dass etwa 35 % des Niederschlages durch das Pumpwerk abgeführt werden, während die übrigen 65 % durch Verdunstung und Einsickern entfernt werden.

Unternehmer der Trockenlegung ist eine im Jahre 1872 staatlich anerkannte Gesellschaft, welche auch 21 400 ha der Niederung für den Preis von 4½ Millionen Lire käuflich an sich gebracht hat. Die Verwerthung derselben erfolgt durch Verpachtung; jedoch ist bis jetzt erst ⅔ der Fläche verpachtet. Die Gesammtkosten des Unternehmens, darin einbegriffen der Bau der Canäle, der Pumpenanlage, der Ankauf der 21 400 ha, Zinsen und Verwaltungskosten stellten sich bis Mitte des Jahres 1880 auf 16⅓ Millionen Lire; die jährlichen Erhaltungskosten werden auf 300 000 Lire angegeben.

d. Die Binnenentwässerung.

Abzuführende Wassermenge. Die von dem Grabensysteme des Entwässerungsgebietes abzuführende Wassermenge besteht aus dem atmosphärischen Niederschlage, abzüglich des durch Verdunstung und Einsickern in unschädliche Tiefe entfernten Wassers, dem in die Niederung gelangenden fremden Wasser, soweit dieses nicht durch besondere Canäle um oder durch das Gebiet geleitet wurde, und dem schädlichen Grundwasser. Bei eingedeichten Gebieten ist überdies noch das Kuverwasser zu berücksichtigen, namentlich wenn das Aussenwasser längere Zeit hindurch höher steht als das trocken zu legende Gebiet. In erster Linie sind die atmosphärischen Niederschläge festzustellen und zwar nach einer möglichst langen Beobachtungsdauer. Es kommt jedoch nicht das Jahresmittel, sondern die grösste Niederschlagsmenge in den einzelnen Monaten und diejenige einzelner Tage in Betracht; ferner die Zeit, in welcher die Entwässerung durchgeführt werden soll. Namentlich ist aber eine längere Ansammlung von Schnee, welcher im Frühjahre zum Schmelzen kommt, in Rücksicht zu ziehen und nach Massgabe der Culturen die Zeit festzusetzen, in welcher die entsprechende Wassermenge abgeführt werden muss.

Die Menge des abfliessenden Wassers hängt ferner wesentlich von der Form der Bodenoberfläche und der Beschaffenheit des Bodens ab. In ersterer Hinsicht ist auf die tabellarische Uebersicht Seite 31 zu verweisen, welche die pro Flächeneinheit des Niederschlagsgebietes abfliessende Wassermenge angiebt. In bergigen Gebieten fliessen die Niederschläge schnell und ohne erhebliche Verluste durch Einsickern und Verdunsten ab; die Entwässerungsanlage soll hier im Stande sein, den grössten Niederschlag eines Tages in derselben Zeit abzuführen. In Hügelland kann man nach Franzius*) als grösste abzuführende Menge den im Frühjahre schmelzenden Winterschnee von 3 bis 4 Monaten rechnen,

*) Deutsches Bauhandbuch III, Seite 104.

welcher in 8 bis 14 Tagen aufthaut und mit geringer Verdunstung über den gefrorenen Boden abfliesst. In flachen Gegenden ist der Zufluss ein langsamerer; der Wind befördert die Verdunstung; überdies enthalten die Flächen vielfach Wiesen, welche im Winter und ersten Frühjahre unter Wasser stehen dürfen. Hier kommt demnach nur die grösste Niederschlagsmenge eines Sommermonates in Rücksicht, von welcher mindestens $^1/_3$ für Verdunstung in Abrechnung gebracht werden kann.

Die Beschaffenheit des Bodens ist in sofern zu berücksichtigen, als alle Umstände, welche ein Einsickern und Zurückhalten des Wassers befördern, wie durchlassender, tiefgründiger Boden, Bedeckung des Bodens mit Vegetation, flache Lage, ferner auch Teiche und viele Gräben, eine Verminderung der in der Zeiteinheit abzuführenden Wassermenge bewirken, die gegentheiligen Umstände, namentlich stark hängiger, kahler Boden, ferner undurchlassender Oberboden, eine Vermehrung derselben zur Folge haben.

Bei bedeichten Niederungen mit künstlicher Wasserhebung ist besonders das Kuverwasser in Rücksicht zu ziehen. Es wird hier zumeist nur eine Schätzung eintreten können; die Menge desselben hängt von der Höhe und der Dauer der Hochwasserstände im Aussendeiche, ferner von dem Zustande der Deiche ab. Ueberdies wird der Einfluss des Kuverwassers von den in der Niederung vorhandenen Culturen abhängig sein. Dient das Terrain als Wiesen- oder Weideland, so wird die Menge des Kuverwassers zu ermitteln sein, welches sich bei den höchsten Aussenständen zu Beginn des Frühjahres in der Niederung ansammelt und diejenige, welche während der Zeit des Ausschöpfens hinzutritt. Hierzu ist die Niederschlagsmenge in derjenigen Zeit zu rechnen, in welcher die Trockenlegung erfolgen soll und giebt die Summe beider abzüglich des durch Verdunstung entfernten Wassers die abzuführende Wassermenge.

Das Resultat der Vorstudien über die abzuführende Wassermenge ergiebt schliesslich bei Berücksichtigung aller einschlagenden Momente das Quantum, welches in einer bestimmten Zeit, gewöhnlich in $1^1/_2$ bis 3 Wochen abgeführt werden muss und ist hiernach das in der Secunde mittelst des Grabennetzes abzuführende Wasserquantum definitiv festzusetzen.

Der Haupt-Entwässerungscanal. Derselbe leitet das Wasser nach dem tiefsten Punkte des Vorfluthrecipienten; an seinem unteren Ende nimmt er demnach das gesammte, von der Niederung abzuführende Wasser auf. Erstreckt sich das versumpfte Gebiet in grösserer Ausdehnung längs eines Flusses, so wird sich häufig die Anlage mehrerer Haupt-Abzugsgräben, sog. Hintergräben empfehlen, welche an verschiedenen Stellen in den Fluss einmünden. Man erhält hierdurch kleinere Profile, als wenn der längs des Flusses geführte Sammelcanal das gesammte Wasser aufnehmen muss.

Das Gefälle des Wasserspiegels im Hauptcanale richtet sich nach den Wasserständen im Recipienten an der Einmündungsstelle während

der wichtigsten Abwässerungszeiten und der von den Culturen abhängigen Höhe des Wasserspiegels unter der Bodenoberfläche (Seite 293). Nach Festsetzung des Wasserspiegels wird die Sohlentiefe bestimmt, wobei verschiedene Umstände zu berücksichtigen sind. Bei Wiesenboden soll niemals eine zu beträchtliche Senkung des Wassers stattfinden, sobald die Entwässerung nicht mit einer Bewässerung combinirt ist. Der Wasserstand soll bei Wiesen nicht tiefer als 0,75 bis 1 m, bei Ackerboden nicht tiefer als 1,5 m unter die Oberfläche sinken. Ferner kommt bei der Bemessung der Sohlentiefe der Umstand in Betracht, dass das Wasser überall so tief gehalten werden muss, dass es nicht seitlich auf das Terrain treten kann. Auch die Möglichkeit der gesicherten Erhaltung des Canales und der Kostenpunkt sind bei der Bestimmung der Sohlentiefe in Rücksicht zu ziehen. Hierauf werden die Grabenböschungen festgesetzt. Dieselben richten sich nach der Bodenart und werden für festen Torf ½ malig, für festen Thon 1 malig, für weichen Thon und weiches Moor 1½ malig und für Sand 2 bis 2½ malig angelegt.*) Die mittlere Breite wird nunmehr für die einzelnen Strecken des Canales nach der grössten abzuführenden Wassermenge, dem Gefälle und der Wassertiefe mit Hilfe der Seite 65 gegebenen Formeln bestimmt, woraus sich alsdann die Breite der Sohle, die obere Breite und die Geschwindigkeit des Wassers ermitteln lassen. Wird letztere für die betreffende Bodenart zu beträchtlich, so ist das Gefälle durch Abstürze zu brechen und werden Sohle und Böschungen an den Absturzstellen angemessen gesichert.

In der Regel wird für Entwässerungscanäle das einfache Profil gewählt; nur wo vereinzelt sehr hohe Anschwellungen zu erwarten sind, empfiehlt sich das Doppelprofil nach Fig. 45 (Seite 132). Die Nutzung der Bankettflächen durch Graswuchs ist in diesem Falle empfehlenswerth; die Erträge sind oft sehr günstige.

Der Haupt-Entwässerungscanal wird entweder frei oder mittelst einer Schleuse in den Recipienten eingeleitet; letzteres ist nothwendig, sobald das Hochwasser des Baches oder Flusses von dem Terrain zurückgehalten werden muss, oder wenn das in den Canälen gesammelte Wasser zum Zwecke der Anfeuchtung eingestaut werden soll.

Die Lage des Haupt-Entwässerungscanales muss eine derartige sein, dass derselbe im Stande ist, das gesammte, aus der Niederung abzuführende Wasser aufzunehmen. Demnach muss derselbe in der tiefsten Lage des Gebietes tracirt werden und zwar womöglich, vorausgesetzt, dass das Terrain nicht einseitig abfällt, mitten durch die zu entsumpfende Fläche. Der Hauptcanal muss möglichst gerade geführt werden, namentlich auf ebenen Flächen, wo die natürliche Lage der Niederung demselben nur ein schwaches Gefälle gestattet; seine Richtung erhält man dadurch, dass man die tiefsten Punkte der Querprofile mit einander ver-

*) Franzius a. a. O. Seite 105.

bindet. Durchschneidet hierbei der Hauptcanal den Sumpf in seiner Mitte, so gewährt dies den Vortheil, dass keiner der Zweigcanäle eine zu beträchtliche Länge erhält, was in der Regel nur auf Kosten des zur Verfügung stehenden Gefälles geschehen kann.

Nebencanäle. Die Lage der Nebencanäle richtet sich namentlich nach der Terraingestaltung; sie sollen, wenn möglich, jedem Punkte der Niederung die Vorfluth geben. Bleiben jedoch hierbei einzelne besonders tiefe Stellen für das Canalsystem unerreichbar, so sind diese als besondere Entwässerungsgebiete aufzufassen, mittelst Einpolderung gegen Ueberschwemmung aus höheren Partien zu schützen und durch künstliche Wasserhebung oder in anderer geeigneter Weise trocken zu legen.

Die Entfernung der Nebencanäle lässt sich nicht nach allgemeinen Regeln bestimmen. Sie richtet sich vornehmlich nach der Wassermenge, welche dieselben im Maximum abzuführen haben und nach den zulässigen Abmessungen und dem Gefälle der Gräben.

Auf coupirtem Terrain giebt die Formation der Oberfläche zumeist die Lage der Nebencanäle, also auch ihren Abstand von einander an. Nachdem die Grösse der Fläche, deren überschüssiges Wasser der Canal in einer bestimmten Zeit aufzunehmen hat, festgestellt wurde, wird das Profil und das Gefälle mit Rücksicht darauf bestimmt, dass die Wassermenge rechtzeitig abgeführt werden kann. In Betreff der Bestimmung des Wasserspiegel-Gefälles, der Sohlentiefe, der Böschungen und der Breite ist dasselbe Verfahren wie bei den Hauptcanälen einzuschlagen; der Ausgangspunkt der Operation für Festsetzung der Abmessungen der Nebencanäle ist die Einmündungsstelle derselben in den Hauptcanal. In ebenen Gebieten ist man in der Lage, die abzuführende Wassermenge eines Nebencanales durch Vergrösserung oder Verkleinerung des Abstandes zweier Nachbarcanäle in weiten Grenzen zu ändern. Man ist demnach hier gewöhnlich im Stande, ein bestimmtes Canalprofil festzusetzen und nach der von diesem und dem Gefälle abhängigen Leitungsfähigkeit die Grösse des bezüglichen Gebietes, also die Entfernung der einzelnen Nebencanäle zu bestimmen.

Bei ausgedehnten Entsumpfungen werden die Nebencanäle oft in weiten Abständen von einander angeordnet; bei den holländischen Poldern betragen diese z. B. bis 1100 m, bei den Entwässerungsarbeiten in den Pontinischen Sümpfen 1500 m.

Bei allen Entwässerungscanälen findet, wie bereits Seite 239 hervorgehoben, nach Massgabe des vermehrten Wasserzuflusses eine successive Verbreiterung des Profiles statt und gilt dies sowohl für die Nebencanäle als auch für den Hauptcanal; letzterer muss demnach stets bei der Einmündung eines Nebencanales die der vermehrten Wassermenge entsprechende Vergrösserung erfahren.

Ausser den Nebencanälen, welche unmittelbar in den Hauptcanal einmünden, kommen häufig noch Zweigcanäle in Anwendung, welche eine weitere Theilung des Aufnahmsgebietes herstellen und in die Nebencanäle erster Ordnung eingeleitet werden.

e. Die Colmation.*)

Unter Colmation versteht man die allmählige Erhöhung des Bodens durch systematische Aufleitung von Wasser und Niederschlag der festen Materialien, welche dieses mit sich führt. Der Zweck der Colmation ist jedoch in der Regel ein weiter gehender, als lediglich den Boden zu erhöhen: Zumeist wird beabsichtigt, gleichzeitig die fruchtbaren Schlicktheile, welche das benutzte Wasser mit sich führt, als Oberkrume zu gewinnen und namentlich einen kahlen Geröllboden in dieser Weise zu verbessern. Die erste Bedingung für eine wirksame Colmation ist, dass das in Verwendung kommende Wasser reichliche Mengen festen Materials mit sich führt, damit die Hebung des Terrains in nicht zu langer Zeit bewerkstelligt werde. Daraus geht hervor, dass vornehmlich die Hochwässer zu Colmationen geeignet sind und zwar vor Allem diejenigen der Gebirgsflüsse, welche oft die gewaltigsten Sinkstoffmassen mit sich führen, wie dies bereits Seite 44 u. f. an einigen Beispielen dargelegt wurde.

Da die von den Bächen und Flüssen geführten Sinkstoffmengen sehr verschieden sind, so ist ersichtlich, dass die Colmation nicht mit dem Wasser jedes Flusses in hinlänglich wirksamer Weise ausgeführt werden kann. Mit einigen derselben konnte man innerhalb eines Jahres nur eine Erhöhung des Bodens von 1 bis 2 cm erzielen, während man z. B. bei den Colmationen an dem linken Ufer des Var in einem Jahre oft 10 bis 20 cm Boden gewann.

Das Wasser wird der zu erhöhenden, mit Dämmen umgebenen Fläche durch einen Canal zugeführt, welcher stets ein starkes Gefälle erhalten muss, so dass die festen Bestandtheile sich in demselben nicht niederschlagen können. Sobald das zu erhöhende Terrain niedriger liegt als der zu benutzende Wasserlauf, ist die erforderliche Geschwindigkeit des Wassers ohne Schwierigkeiten zu erreichen. Es kommen aber Fälle vor, in denen man Colmationen einzuleiten wünscht, lediglich, um den nackten Geröllboden mit einer fruchtbaren Erdschicht zu bedecken, wo der Fluss eine tiefere Lage hat als die zu erhöhende Ebene. In diesem

---

*) Das Wort Colmation ist dem Italienischen *colmata* entnommen. Unentbehrlich für jeden Hydrotekten, welcher grössere Colmationen practisch ausführen will, ist das vorzügliche Werk über diesen Gegenstand: Hydraulique agricole. Des Submersions fertilisantes comprenant les travaux de colmatage, limonage, irrigations d'hiver par Nadault de Buffon; Paris 1867. Auch enthält sehr beachtenswerthe Mittheilungen über Colmationen das Werk: Notions élémentaires sur les irrigations par J. Charpentier de Cossigny; Paris 1874.

Falle ist wie bei der Ableitung eines hoch zu legenden Bewässerungscanales zu verfahren; das Wasser wird oberhalb der Fläche durch ein Wehr angestaut und zur Seite abgeleitet, wobei die Stauhöhe und der Punkt der Ableitung mit Rücksicht auf den Umstand festzusetzen sind, dass das Wasser immer noch die angemessene Geschwindigkeit behalte, um die mitgeführten festen Massen bis zur Ausbreitung in der eingedämmten Fläche suspendirt zu erhalten. Das Gefälle des Canales wird demnach stets mit Sorgfalt berechnet werden müssen, falls dasselbe anscheinend gering ist; ungefähr lässt sich annehmen, dass ein Gefälle von ½ ‰ bei den grösseren Canälen, 3 bis 4 ‰ bei geringeren Dimensionen derselben das Minimum ist, falls man lediglich den mitgeführten leichten Schlamm zur Colmation benutzen will. Soll dagegen auch Sand durch den Canal geleitet werden, so darf bei grösseren Dimensionen desselben das Gefälle nicht geringer sein als 2 ‰ und 10 ‰ bei kleineren Gräben. Das zweckmässige Gefälle muss übrigens in jedem speciellen Falle durch Rechnung oder Versuche bestimmt werden, wobei namentlich auch auf die Abnahme der Geschwindigkeit an der Sohle Rücksicht zu nehmen ist. Bei derartigen Gräben, welche das Colmationswasser mit zulässig geringster Geschwindigkeit transportiren, ist überdies auch von vorn herein in Rücksicht zu ziehen, dass nach erfolgter theilweiser Erhöhung das Wasser noch auf die Fläche aufgebracht werden kann. Der Hauptcanal theilt sich in Zweigcanäle, welche das Wasser den einzelnen zu colmatirenden Flächen zuführen. Auch in diesen muss das Wasser die erforderliche Geschwindigkeit erhalten, um einen Niederschlag der Sinkstoffe zu verhüten. Soll nur der feinere Schlick zum Absatze gebracht werden, also bei Beendigung der Aufhöhung, so kann das Gefälle der Gräben ein geringeres sein. Wegen der hohen Geschwindigkeit müssen die Grabenwände in entsprechender Weise gegen Abbruch gesichert sein; zuweilen wird selbst eine Abpflasterung der Böschungen erforderlich.

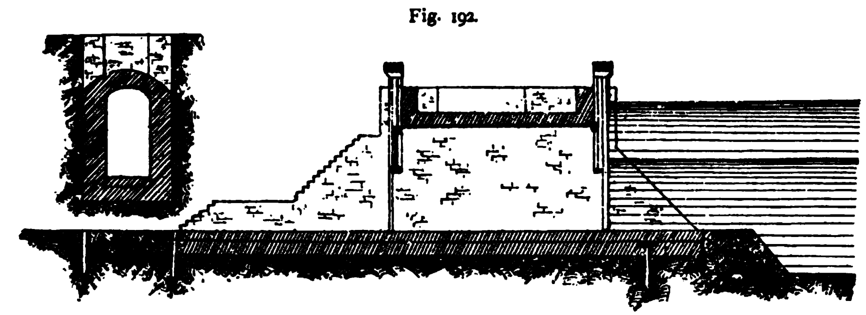
Die Leitung des Wassers kann demnach in einzelnen Fällen eine sehr einfache sein, während dieselbe in anderen Fällen nicht unerhebliche Schwierigkeiten verursacht. Ersterer Fall liegt z. B. vor, wenn das zu erhöhende bezw. zu überschlickende Terrain zwischen einem eingedeichten Flusse und dem höheren Binnenlande gelegen ist und die Colmation nur bei Hochwasser vorgenommen werden soll. Hier werden in dem Deiche Colmationsschleusen angelegt, d. h. Durchlässe, in der Regel an der äusseren und inneren Seite mit Schützen versehen, deren Construction im Principe mit derjenigen der Deichschleusen (Seite 223) übereinstimmt. Selbstverständlich muss die Schleuse entsprechend dem hohen Wasserdrucke überaus solide und in wasserdichtem Anschlusse an den Deichkörper construirt sein. Fig. 192 stellt die Colmationsschleuse dar, welche bei Buchs (St. Gallen) zur Ausleitung des Rheins erbaut wurde.

Schwieriger wird die Zuleitung des Colmationswassers, sobald der Canal bei geringem Terraingefälle eine sehr bedeutende Länge erreicht.

Die Kosten erhöhen sich noch wesentlich, wenn der Canal durch fremde Grundstücke zu führen ist.

Da das zu erhöhende Terrain während der Colmation einen See bilden muss, so ist dasselbe, wie erwähnt, an den niedrigen Begrenzungen mittelst Dämme einzufassen, welche das Wasser zusammenhalten. Die Dammkrone muss in der ganzen Umfassung in einer Horizontalebene liegen; ihre Höhe über dem Terrain richtet sich nach der Höhe der aufzubringenden Wasserschicht. Letztere darf nicht zu niedrig gewählt werden, da andernfalls bei jedesmaliger Aufleitung zu wenig festes Material deponirt wird; sie hängt demnach von der zur Verfügung stehenden Wassermenge und der Reichhaltigkeit der festen Substanzen in derselben ab; in der Regel beträgt die Stauhöhe 0,50 bis 1 m. Je höher dieselbe ist, desto schneller wird das anzustrebende Ziel erreicht.

Fig. 192.



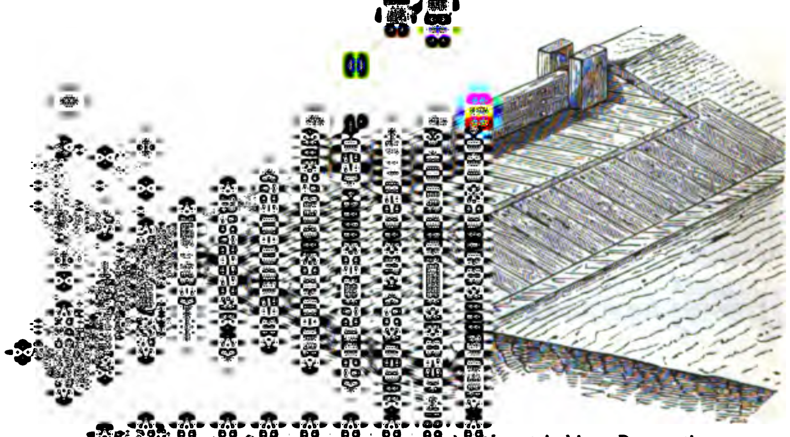
Colmationsschleuse bei Buchs (St. Gallen).

Da die tiefer gelegenen Stellen der eingedämmten Fläche eine höhere Wasserschicht erhalten, so wird auch auf diesen eine stärkere Schicht der Niederschläge deponirt; auf diese Weise erhält das Terrain im Laufe der Zeit eine Ausgleichung der Unebenheiten und erlangt eine horizontale, ebene Lage.

In der Regel wird das aufzuhöhende Terrain in einzelne Reviere getheilt, deren Dämme mit Ueberfällen versehen werden, um das Wasser aus dem ersten in das folgende und hierauf in die weiteren Reviere zu leiten. Die Ueberfälle werden nach Massgabe der stattfindenden Auflandung allmählig erhöht. Die Sicherung derselben erfolgt in verschiedener Weise, in der Regel durch eine Pfahlreihe mit Faschinendeckung, zuweilen auch mit Abpflasterung.

Die Zurückleitung des benutzten Wassers in den Fluss muss derartig weit abwärts erfolgen, dass auch bei Hochwasser die genügende Vorfluth vorhanden ist, zu welchem Zwecke zuweilen sehr lange Canäle erforderlich sind. In manchen Fällen, z. B. wenn das Terrain steil abfällt, bietet übrigens die Ableitung des Wassers keine Schwierigkeiten dar. Stets muss dieselbe aus den Revieren von der Oberfläche aus erfolgen. Bei

…t der gewöhnlichen Schleusen
…durch die Oeffnung stürzen,
… Partie des deponirten oder
…ls entführen. Man vermeidet
…s durch weite Oeffnungen an
…kt, welche man sogleich nach
… Wasserschicht mittelst Bretter
… ausgedehnteren Anlagen be-
…ach der in Fig. 193 und 194
…itte dargestellten Anordnung.
… worauf das Wasser über dem



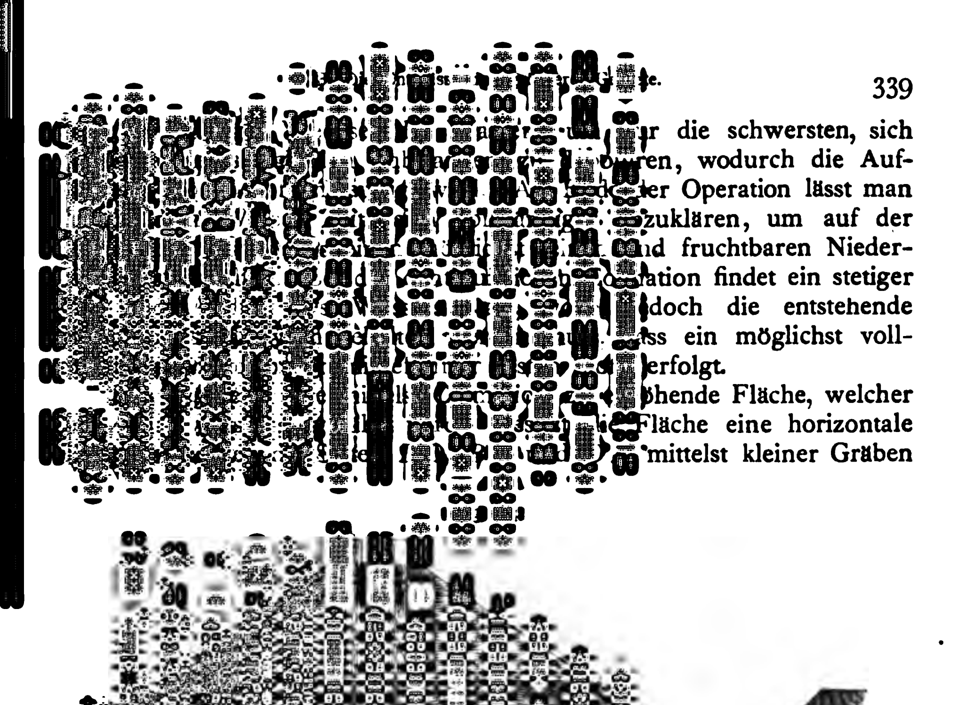
…Versatzbohlen; Perspective.

…fliesst. Der Abfluss wird sistirt,
…wird in dem Masse, wie die
…nderen herausgenommen. Um
… erhält die Oeffnung zuweilen
…gedehnteren Colmationen noch
…licher Beschleunigung vorzu-
…ben einander in dem Damme
…übereinander gestellte Bohlen
… geringer Wasserverlust statt-
…rechende Menge Wasser wird
…führt, wobei die verursachte
…t.

…ende und eine continuir-
… Wechsel des Wassers nach
…e in reichlicher Menge vor-
…ine bedeutende, so empfiehlt

...r die schwersten, sich
...en, wodurch die Auf-
...er Operation lässt man
...zuklären, um auf der
...d fruchtbaren Nieder-
...ation findet ein stetiger
...doch die entstehende
...ss ein möglichst voll-
...erfolgt.

...hende Fläche, welcher
...Fläche eine horizontale
...mittelst kleiner Gräben

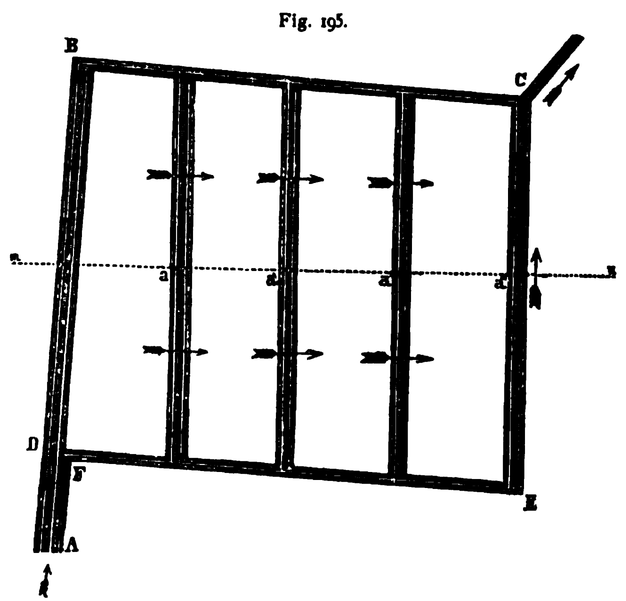


...hlen; Durchschnitt.

...erstellung der Dämme
...ser zu setzende Terrain
...ten eine Versumpfung
...tung des angesammelten
... deren Krone in einer
... das Bassin, in welches
...en befinden sich noch
... geringere Höhe erhalten
...öhe, bis zu welcher der
...assene Wasser füllt die
...ngen in dem Damme *a'''*
...er Versatzbohlen richtet
... *a''* und ist anfänglich
...lichen Colmation läuft
... einzelnen Zwischen-
... stärksten Niederschläge,
...t die erste Abtheilung
...*a'* bis zu der Höhe der

Umfassungsdämme erhöht und das Wasser direct in die zweite Abtheilung, hierauf in die dritte, vierte u. s. w. eingeleitet. Die Anlage wird in der Richtung, in welcher das Terrain erhöht werden soll, durch Verlängerung der Aussendämme und Ziehung der Zwischendämme allmählig fortgesetzt, bis das Wasser seine Aufgabe erfüllt hat.

Fig. 195.



Plan einer Colmationsfläche.

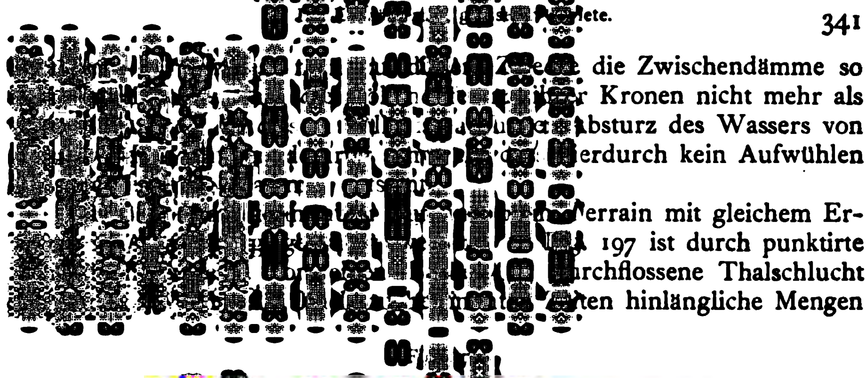
Ist das Terrain in der Richtung der Pfeile geneigt, so dass ein Schnitt nach der Linie *m n* sich wie in Fig. 196 darstellt, so wird in derselben Weise verfahren. Die Kronen der Aussendämme liegen jetzt

Fig. 196.



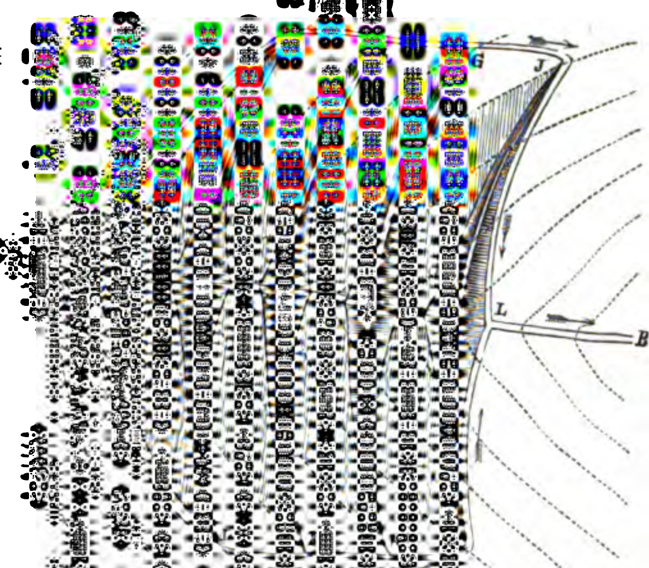
Profil einer Colmationsfläche.

nicht mehr in einer Horizontalebene, sondern in einer Neigung, welche sich dem Falle des Terrains anpasst. Der Höhenunterschied der Dammkronen der kleinen Zwischendämme ist in der Regel nur ein geringer; nach vollständiger Ausfüllung des Bassins bildet die erhöhte Fläche eine Terrasse, deren Stufen jedoch so niedrig sind, dass dieselben nach der Bearbeitung des Bodens mit dem Pfluge wieder verschwinden. Bei stark



… die Zwischendämme so
… Kronen nicht mehr als
… bsturz des Wassers von
… erdurch kein Aufwühlen

… errain mit gleichem Er-
… 197 ist durch punktirte
… rchflossene Thalschlucht
… ten hinlängliche Mengen



… fläche.

… deckung der Schlucht mit
… der Oberfläche benutzt
… erhöhende Fläche ein-
… lt, welche die Aufgabe
… Dämme den Abfluss zu
… olmation überschüssigen
… inzelnen Reviere dienen;
… der Colmation als Zu-
… benutzt werden. *C D*,
… in regelmässigen Curven
… leichen Niveauabständen
… linien zusammen, so dass,
… ihre Höhenabstände stets

constant bleiben. Die Dammkronen müssen horizontal liegen; sie erreichen demnach in der Mitte, wo die grösste Thalsenkung liegt, ihre bedeutendste Höhe, während sie an den Enden, wo die Schlucht ansteigt, allmählig in die Oberfläche derselben verlaufen. Die untere Breite der Dämme vergrössert sich, proportional der Höhe, ebenfalls nach der Mitte und erreicht mit dieser das Maximum bei dem ursprünglichen Bette des Baches. Die Dämme theilen das Terrain in vier Reviere, von denen das oberste eine annähernd dreieckige Gestalt besitzt. Bei *AC* und *AD* wird dasselbe durch den natürlichen Hang des Terrains begrenzt. In diese Abtheilung wird das Wasser zunächst eingeleitet und füllt sich dieselbe bis zur Kronenhöhe des Dammes *CD* an. Ist diese erreicht, so gelangt das Wasser mittelst eines Ueberfalles in das zweite Revier, füllt dasselbe bis zur Höhe des Dammes *EF* und so fort. Schliesslich gelangt das Wasser in die Ableitungscanäle *JL* und *KL* und in den unteren Lauf des Baches *B*. Die in der Zeichnung schraffirten Flächen werden vom Wasser überstaut und erhalten somit die Erhöhung. Nach beendigter Colmation hat die Fläche ebenfalls die Gestalt einer Terasse mit Stufen, deren Höhe gleich dem Höhenunterschiede der Dämme von einander ist; da dieser zumeist sehr gering ausfällt, so verschwindet die Stufe bei der Bearbeitung des Bodens, worauf derselbe ein gleichmässig gekrümmte Fläche darstellt. Die früheren Dämme sind jetzt die Horizontallinien der erzeugten Oberfläche.

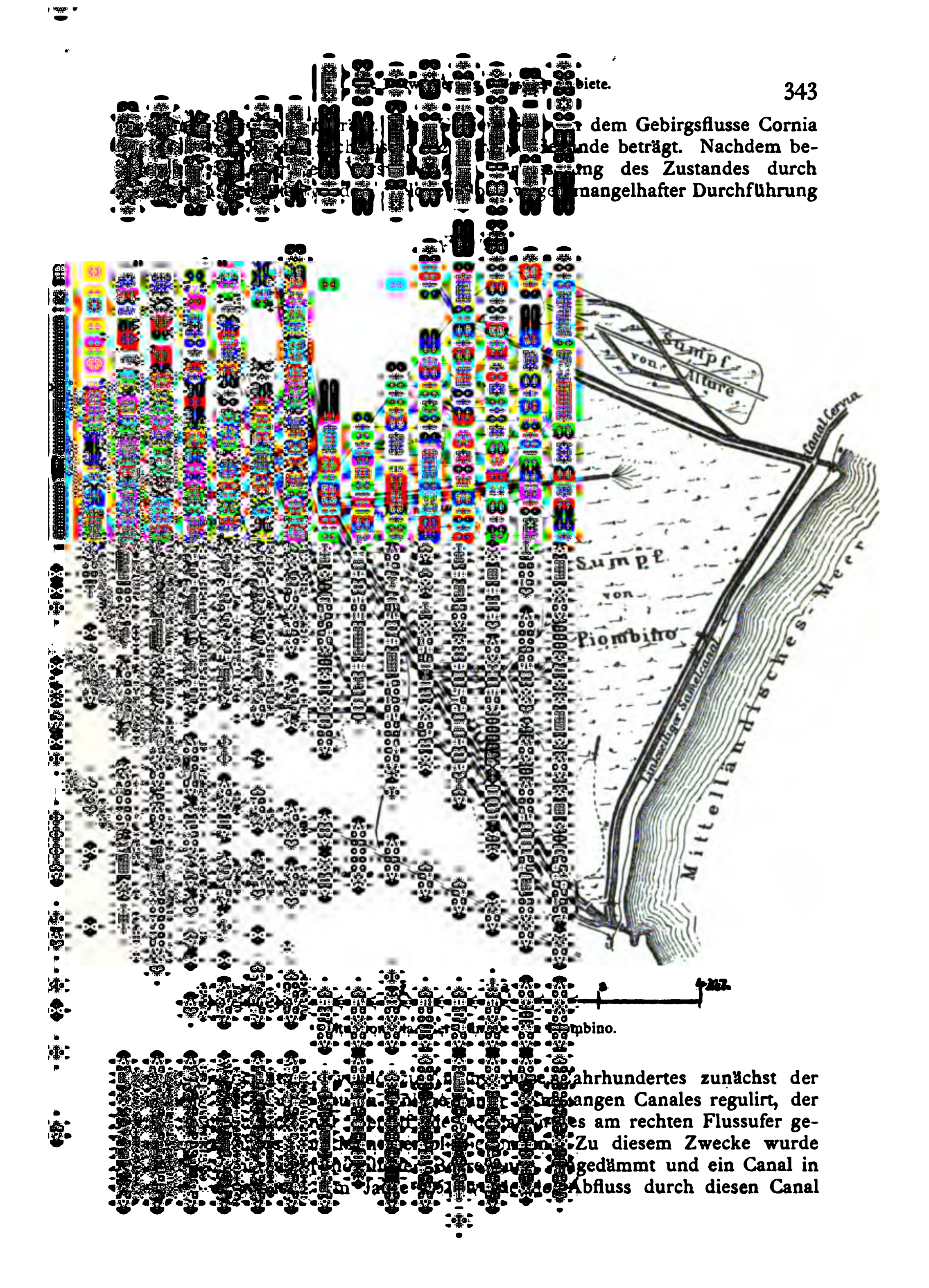
Colmationen in sehr beträchtlicher Ausdehnung wurden vorwiegend in Italien, in beschränkterem Masse auch im südlichen Frankreich durchgeführt. Diese Arbeiten erfolgten zumeist durch den Staat, um ein ungesundes und ertragloses Terrain zweckmässig zu saniren und sind die Erfolge in vielen Fällen, namentlich in den Sumpfgebieten Val di Chiana, den Maremmen von Toscana, ferner an dem Flusse Var, an der Durance und Isère überaus günstige gewesen. Aber auch in kleinerem Massstabe wurden Colmationen von Genossenschaften oder einzelnen Grundbesitzern zur Ausführung gebracht, deren Erfolge durchaus zufriedenstellende waren. In dem Nachfolgenden sollen einige Beispiele sowohl grösserer als auch kleinerer Colmationen gegeben werden.

1) Colmationen in den Maremmen von Toscana. Die Maremmen von Toscana zerfallen in mehrere getrennte Gebiete (Piombino, Scarlino, Grosseto und Orbetello), deren Gesammtausdehnung 14966 ha beträgt. Die schädlichen Miasmen des Gebietes beherrschen jedoch eine Region von 192480 ha, in welchem die Malaria häufig während der Sommermonate in derartig bösartiger Form auftritt, dass ein grosser Theil der Bevölkerung seine Wohnsitze verlässt, um auf den Hügeln des benachbarten Appenin eine Zuflucht zu finden.

Fig. 198*) giebt den Situationsplan der Sümpfe von Piombino, deren

*) Nach Ed. Markus, das landwirthschaftliche Meliorationswesen Italiens; Wien 1881.

… dem Gebirgsflusse Cornia … nde beträgt. Nachdem be- … ng des Zustandes durch … mangelhafter Durchführung



… mbino.

… ahrhundertes zunächst der … angen Canales regulirt, der … s am rechten Flussufer ge- … Zu diesem Zwecke wurde … gedämmt und ein Canal in … Abfluss durch diesen Canal

sistirt, ein neuer 500 m langer Canal am linken Ufer angelegt und das ganze Sumpfgebiet mit einem Damme umschlossen, soweit die Höhenlage des Terrains dies nicht entbehrlich machte. Die Länge des Dammes betrug 8 km. Die Ableitung des Wassers erfolgte später mittelst eines Sammelcanales, welcher an der Aussenseite des längs der Küste hergestellten Dammes angelegt wurde. Im Jahre 1872 wurde die Cornia innerhalb der letzten 10 km regulirt, der Colmationscanal am linken Ufer verlängert und ebendaselbst, 2 km abwärts von dem ersten, ein zweiter Canal angelegt. Ferner erfolgte die Herstellung von Vertheilungscanälen, um die Aufschlämmung schneller und gleichmässiger zu bewirken. Endlich sollte ein systematisches Canalnetz zur Abführung des Niederschlages nach beendigter Colmation angelegt werden.

Die mittlere Höhe der erzielten Anschwemmung beträgt 1,37 m; dieselbe ist aber noch 0,13 bis 0,29 m unter der festgesetzten Normalhöhe. Am Schlusse des Jahres 1872 betrug die von der Cornia dem Sumpfgebiete zugeführte Schlammmenge bereits 8707000 cbm; um die angestrebte Terrainhöhe zu erreichen, waren noch weitere 1 787600 cbm erforderlich.

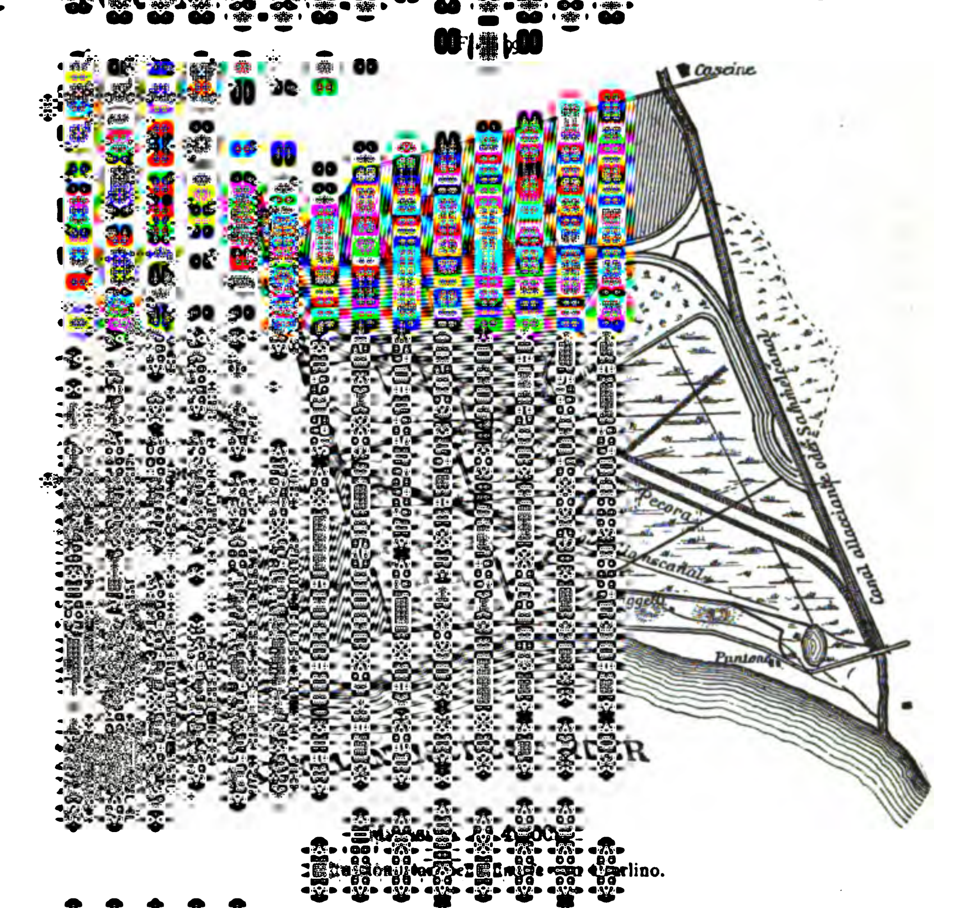
Die Kosten betrugen bis zum Schlusse des Jahres 1877 für die Colmationsarbeiten 1890957 Lire, für Herstellung von Strassen, Brücken u. s. w. 1 142140 Lire, die Gesammtkosten mithin 3033097 Lire. Die noch herzustellenden Arbeiten sind auf 600000 Lire veranschlagt. Die jährlichen Unterhaltungskosten betragen 28500 Lire. Der Erfolg zeigt sich namentlich in wesentlicher Verbesserung der sanitären Verhältnisse und in der Zunahme der Bevölkerung in den letzten 40 Jahren um 16 %, während dieselbe vorher im steten Sinken begriffen war. Der ursprüngliche Werth des Gebietes betrug 85000 Lire, der gegenwärtige 470000 Lire; es hat mithin eine 5,53 fache Werthzunahme stattgefunden.

Fig. 199*) stellt den Situationsplan der anschliessenden Sümpfe von Scarlino dar, deren Ausdehnung 836 ha beträgt. Das Gebiet bildet ein Parallelogramm zwischen dem Flusse Pecora und dem Canale Allacciante; eine schmale Düne trennt das Gebiet von dem Meere, über welchem die Fläche im Mittel 1,4 m hoch gelegen ist. Die Pecora führt bei Hochwasser 354 cbm, der Allacciante 237 cbm pro Secunde. Beide besitzen eine grössere Anzahl von Zuflüssen. Im Laufe der Zeit hob sich das Bett der Pecora sowie die Düne, wodurch die Versumpfung des Gebietes zu beiden Seiten des Flusses erfolgte. Die ehemals stark bevölkerten Ortschaften Follonica, Gavorrano und Scarlino sanken in Folge des Auftretens der Malaria zu kleinen Dörfern. Im Jahre 1827 begannen die Meliorationsarbeiten. Der Unterlauf beider Flüsse wurde regulirt, mit starken Deichen umgeben, der Sumpf gegen das Meer hin ebenfalls umdeicht und die Pecora zum Zwecke der Colmation in das Gebiet eingeleitet. Die Abwässerung erfolgte durch zwei Canäle, welche dasselbe am tiefsten Punkte verlassen und bei Portiglione in den Canal Allacciante einmünden. Der Meeresdamm sollte gleichzeitig das Kuverwasser und die Sturmfluthen abhalten. Im Gebiete wurde eine Anzahl von Vertheilungscanälen zur gleichmässigen Aufbringung des Wassers angelegt. Ferner wurden die von den östlich gelegenen Bergen herabströmenden Wildbäche in dem Allacciante vereinigt; derselbe leitet diese Gewässer bei Portiglione in das Meer. Da dieser Canal, welcher nach ihrer Colmationsarbeit auch das Wasser

---

*) Markus, a. a. O. Seite 322.

…schwaches Gefälle erhalten
…eine Stauschleuse angelegt,
…wird.
…ra an der nördlichen Be-
…en Richtung, um die Col-
…ehmen. Der Sumpf wurde



…rlino.

…getheilt. Nach Vollendung
…en Bette abgeleitet werden
…agonal durchschneiden und
…ferner wird ein besonderer,
…ergestellt, dessen Mündung

…hte 1872 eine Alluvion von
…öhe von 0,9 m erhalten und
…36 cbm. Der noch zu voll-

endenden Fläche von 268 ha wurden bereits 2 238 662 cbm Schlamm zugeführt, während noch 1 389 551 cbm aufzubringen sind.

Die Gesammtkosten haben 1 709 093 Lire betragen; für die Vollendung der Arbeiten sind noch 300 000 Lire präliminirt. Die jährlichen Unterhaltungskosten betragen 3000 Lire.

Der Erfolg besteht in einer bedeutenden Einschränkung des Sumpfgebietes, in der Behebung der Ueberschwemmungen durch die Pecora, in der Verbesserung der sanitären Verhältnisse und in der Werthzunahme des ganz oder theilweise entwässerten Gebietes. Die Fläche wurde vor Beginn der Arbeiten auf 721 000 Lire geschätzt, während ihr derzeitiger Werth 3 500 000 Lire betragen soll.

2) Colmationen am linken Rheinufer im Canton St. Gallen. Zweck dieser sich derzeit auf 5 Objecte in einer Ausdehnung von 240 ha erstreckenden Colmation ist, den „Hochwuhren" des Rheines durch Aufhöhung des Hinterlandes eine kräftige Verstärkung zu geben und der Wirkung des Druckwassers bei hohen Wasserständen im Rhein zu begegnen; ferner soll durch die Erhöhung die Abwässerung der tiefen und nassen Gründe ermöglicht und mit dem sehr dungreichen Schlamm, welcher aus den Schiefergebirgen Graubünden's stammt, eine Verbesserung der Substanz bewerkstelligt werden. Zum Zwecke der Ausleitung des Colmationswassers sind in den Wuhren bei Ragaz, Trübbach, Grünbüchl, Buchs und Haag kräftige Schleusen in der Anordnung der Fig. 192 (Seite 337) eingebaut. Die Einleitung des Wassers in die Colmationsbassins, welche durch Traversen abgetheilt sind, findet nicht das ganze Jahr hindurch, sondern nur in den Zeiten statt, in welchen der Schlammgehalt ein verhältnissmässig hoher ist.

Es wird während der Sommermonate in die Fläche von 240 ha ein Wasserquantum von 50 bis 80 Millionen cbm eingelassen, aus welchem eine Schlammmasse von 350 000 bis 400 000 cbm zur Ablagerung kommt. Diese Masse bewirkt eine mittlere jährliche Auflandung von 0,15 m, so dass die Erhöhung in 10 Jahren 1,5 m beträgt. Uebrigens ist zu gewissen Zeiten die Schlammführung des Rheines oberhalb des Bodensees eine noch erheblich grössere; bei den Correctionsbauten am rechten (Vorarlberg'schen) Ufer werden Traversen von 0,5 m Höhe oft in einem Jahre überlandet.

Die Kosten der Colmationsanlagen betrugen 99 200 Francs, die jährlichen Betriebskosten einschl. Verzinsung des Anlagecapitales und Unterhaltung der Objecte 10 500 Francs. Danach werden für diesen Betrag 360 000 cbm fruchtbarer Rheinschlamm aufgebracht und stellt sich die Colmation von 1 ha auf 1 m auf circa 292 Francs. Das Aufbringen von 1 cbm des Erdreiches auf die Niederung kostet nur 2,9 Centimes.

3) Colmation zu Pontet (Departement Vaucluse, Frankreich). Diese Colmation ist in sofern von besonderem Interesse, als sie von einem einzelnen Besitzer, Herrn Thomas, durchgeführt wurde.

Das Gut Pontet liegt 4 km nördlich von Avignon, am linken Ufer der Rhône. Der Boden bestand ursprünglich fast ganz aus Schotter und war vollständig versumpft, so dass er in die letzte Classe des Katasters eingeschätzt war. Die Parcellen waren ausserordentlich zerstückelt und konnten erst in zweckentsprechender Weise zusammengelegt werden, als Herr Thomas grössere Flächen der Nachbarbesitzungen erwarb. Um das Wasser auf die versumpfte, kahle Fläche zu führen, musste er 200 ha ankaufen, welche sich

an den Canal Crillon, der sich aus der Durance abzweigt, anschliessen, so dass das Wasser ohne Widerspruch Seitens der Nachbaren auf die zu meliorirende Fläche geleitet werden konnte. Der Boden wurde von grösseren Steinen befreit, geebnet und mit kleinen Wällen umgeben und in die so entstandenen Bassins das Wasser geleitet. Die Wälle waren in einfachster Weise aus Erde hergestellt; ihre Höhe betrug nur 0,40 m; sie wurden theilweise mit dem Pfluge erstellt und schlossen Flächen von 3 bis 4 a ein. Höher durften dieselben wegen der in der Gegend herrschenden Stürme nicht angelegt werden. Mit grösster Sorgfalt musste die Ableitung des Wassers in tiefen, theils bedeckten, theils offenen Gräben bewerkstelligt werden, weil andernfalls durch die stauende Nässe der vorhandene ungesunde Zustand der Gegend noch erheblich vermehrt worden wäre. Nach Erhöhung des Bodens wurde ein neuer Bewässerungscanal aus der Durance abgeleitet, da es sich nicht nur um die Erhöhung des Bodens sondern auch um eine dauernde Befruchtung desselben mit den werthvollen Sinkstoffen dieses Flusses handelte. Die Anlage desselben war eine sehr kostspielige; es waren mittelst Unterleitungen mehrere grosse Strassen und die Eisenbahn zu passiren sowie Zweigcanäle nach verschiedenen Richtungen zu ziehen. Der Canal wurde auf jeder Seite mit drei Reihen Pappeln bepflanzt, um den in Cultur genommenen Boden gegen die verheerenden Wirkungen des Sturmes zu schützen.

Die Resultate der in den 12 Jahren 1850 bis 1862 auf einer Fläche von 120 ha ausgeführten Colmation waren in jeder Hinsicht glänzende: die Bodenqualität, vordem, wie bemerkt, zu der letzten Classe zählend, konnte jetzt in die erste eingestellt werden; der Gesundheitszustand hob sich in überraschender Weise. Die Einwohnerschaft von Pontet, welche im Jahre 1815, als Herr Thomas die Besitzung übernahm, 40 Personen zählte, betrug nach Beendigung der Melioration 1200.

Die durch Colmation erhöhte Fläche betrug 129 ha; sie wurde in 10 Theile eingetheilt, welche sich an einander anschlossen, aber in verschiedenem Niveau lagen. In der nachfolgenden Uebersicht ist die Wirkung der Colmation auf die einzelnen Flächen dargestellt:

Nummer der Flächen.	Grösse der Flächen. ha	Stärke der Colmation. m	Menge der deponirten Alluvionen. cbm
1	9,00	0,40	36 000
2	8,00	0,20	16 000
3	24,05	0,40	96 200
4	3,22	0,40	12 880
5	15,07	0,20	30 140
6	13,27	0,40	53 080
7	11,29	0,10	11 290
8, 9 u. 10	45,10	0,20	90 200
Zusammen	129,00		345 790

Die mittlere Stärke der Erhöhung beträgt sonach 0,27 m. Die hierzu benutzte Wassermenge bestimmt sich dadurch, dass continuirlich während

12 Jahre 350 l pro Secunde durch den Zuleitungscanal flossen; es ergiebt dies eine Gesammtmenge von 132 451 200 cbm. Die Menge der deponirten Bestandtheile betrug 345 790 cbm, wonach sich der Reichthum des benutzten Wassers an festen Bestandtheilen auf 2,6 ‰ ergiebt. Der Erfolg war ein so ausserordentlich günstiger, weil wegen des schlammreichen Wassers das ganze Jahr hindurch colmatirt werden konnte.

Die Qualität des Bodens nach durchgeführter Arbeit erwies sich mindestens gleich dem vorzüglichsten der dortigen Gegend, dessen Preis 3600 Francs pro Hektar beträgt. Der ursprüngliche Werth betrug höchstens 200 Francs; die Kosten der Colmation, Leitung des Wassers, Bodenrente u. s. w. ergaben sich auf 700 Francs pro Hektar, so dass ein Gewinn von 2700 Francs pro Hektar erzielt wurde. Der Besitzer hat demnach durch die Colmation der 120 ha einen Nettogewinn von 324 000 Francs erzielt.

f. Die Trockenlegung der Seen.

Die Senkung des Wasserspiegels oder die vollständige Trockenlegung eines Landsees erfolgt theils zu dem Zwecke, um die anliegenden Ländereien, falls dieselben an stauender Nässe leiden, zu entwässern (vergl. Seite 301) oder um den Seeboden in culturfähiges Land zu verwandeln. Auch in letzterem Falle bleibt häufig der tiefere Theil des ursprünglichen Sees als Wasserbecken bestehen, namentlich, wenn die Ableitung des Wassers aus diesem auf erhebliche Schwierigkeiten stösst.

Will man mit der Ableitung eines Sees den Gewinn an culturfähigem Lande erzielen, so muss eine sorgfältige Untersuchung der Beschaffenheit des Bodens vorausgehen, um danach auf die spätere Ertragsfähigkeit und somit auf die Rentabilität der Melioration schliessen zu können. In der Regel wird, wenn das umgebende Terrain aus fruchtbarem Ackerboden besteht, dieses auch für den Seeboden anzunehmen sein, da die Niederschläge und die in den See einmündenden Wasserläufe dem anliegenden Boden Material entführen und dieses auf dem Boden des Sees deponiren. Durch organische Stoffe, Pflanzen- und Thierreste, wird die Fruchtbarkeit des Seegrundes noch vermehrt, so dass die Trockenlegung häufig den Gewinn an überaus fruchtbarem Lande erwirkt. Bei kleineren Seen ist dies in erhöhterem Masse der Fall als bei ausgedehnten, da bei ersteren die im Laufe der Zeit hineingeführten Massen sich auf eine geringere Fläche vertheilen. Die Dichtigkeit des Seegrundes nimmt zu mit der ursprünglichen Wassertiefe, da der Druck des Wassers auf die deponirten Massen mit dieser steigt.

In zweifelhaften Fällen und ferner überall da, wo die Ablassung sehr kostspielige Bauten und Anlagen bedingt, muss eine sorgfältige Untersuchung des Seebodens vorausgehen, zu welchem Zwecke mittelst geeigneter Schöpflöffel, wie solche in gleicher Weise beim Bohren von artesischen Brunnen in Anwendung sind, Partien des Bodens heraufzubringen sind.

Die erste Arbeit bei dem Entwurfe des Projectes ist die Ermittlung

der Vorfluth zur Ableitung des Seewassers. Befindet sich in nicht zu beträchtlicher Entfernung ein geeigneter Recipient, welcher das Wasser des Sees aufzunehmen und fortzuleiten im Stande ist, ohne Ueberschwemmungen der tiefer gelegenen Gründe zu veranlassen, so bietet die Ableitung keine erheblichen technischen Schwierigkeiten dar. Oft ist dieser Recipient jedoch nur mittelst Durchschneidung von Felsschichten zu erreichen, namentlich, wenn derselbe durch eine Wasserscheide von dem See getrennt ist. Alsdann ist die Anlage eines Stollens nicht zu umgehen, dessen Herstellung oft sehr erhebliche Kosten verursacht. In diesem Falle darf die Ablassung des Sees nur nach einer sorgfältigen Berechnung bezw. Schätzung des Gewinnes an culturfähigem Lande im Vergleiche mit den Kosten und bei zweifelloser Rentabilität des Unternehmens ausgeführt werden.

Ist kein tiefer gelegener oder in geeigneter Weise, z. B. durch Beseitigung von Wehren oder Regulirung entsprechend tief zu legender Recipient vorhanden, so bleibt nur die künstliche Wasserhebung mittelst Maschinen, wie diese in Holland wiederholt bei der Trockenlegung von Seen mit bestem Erfolge zur Ausführung gebracht wurde.

Zu den Vorarbeiten gehört ferner die Ermittlung der Wassermenge, welche durch den Ableitungscanal zu entfernen ist, und der Grösse des zu gewinnenden culturfähigen Landes, zu welchem Zwecke eine Aufnahme des Sees mit den erforderlichen Tiefenmessungen vorgenommen werden muss. Am besten lassen sich diese Arbeiten im Winter ausführen, wenn der See vollständig mit einer Eisdecke überzogen ist, da es in diesem Falle nur erforderlich ist, ein Netz über die Eisdecke zu legen und an den Kreuzungsstellen die Tiefen zu peilen. Muss die Aufnahme bei offenem Wasser erfolgen, so werden über dem See parallele Profile durch Uferpfähle abgesteckt und zwar in Entfernungen, welche sich nach der Gestalt des Bodens richten und in dem Masse mehr auseinander gerückt werden können, je ebener dieselbe ist. Die Tiefenmessungen erfolgen an verschiedenen Punkten der Profile, wobei man sich entweder einer getheilten Leine bedienen kann oder der auf Seite 70 dargestellten Messtisch- bezw. Theodolitaufnahme.

Bei der Trockenlegung der Seen ist besonders auf die Zurückhaltung der Zuflüsse Rücksicht zu nehmen. In gebirgigen Districten ergiessen sich häufig Wildbäche in den See, welche stets vor dem Eintritte in das Becken mittelst eines Sammelcanales abgefangen und um das trocken zu legende Gebiet herum geleitet werden müssen. Zuweilen gestattet es auch die Situation, dieselben mittelst eines angemessen tief eingeschnittenen oder bedeichten Canales durch das Becken hindurchzuleiten.

Der Ablasscanal wird entweder mit einer Schleuse oder mit einer aus Faschinenmaterial hergestellten Sperrvorrichtung versehen. Ist die beabsichtigte Senkung des Sees eine beträchtliche, so legt man mehrere Sperrapparate hintereinander mit verschiedenen Höhen der Fachbäume bezw. der Kronen der Faschinenanlagen an, so dass die Ablassung all-

mählich und ohne zu beträchtlichen Wasserdruck erfolgen kann. In neuerer Zeit hat man bei kleineren Seeablassungen mit gutem Erfolge Faschinencoupirungen verwendet, welche successive erniedrigt werden, um den Wasserspiegel allmählig zu senken. Bei der Ausführung des Ablasswerkes und sehr flacher Lage der Uferböschungen müssen derartige Coupirungen zuweilen ziemlich tief in den See hineingebaut werden, da andernfalls kostspielige Grabenarbeiten oder Baggerungen nothwendig werden. Auch müssen die Werke mit besonderer Sorgfalt gegen Auskolkungen gesichert und eine erneute Absperrung stets wieder ermöglicht sein.

In dem Nachfolgenden soll das Verfahren bei Ablassung von Seen an einigen, die verschiedenen Methoden charakterisirenden Beispielen dargestellt werden:

1) Die Ablassung des Waginger Sees in Oberbayern*). Der See besass ursprünglich eine Wasserspiegel-Fläche von circa 1100 ha; um die tief gelegenen und desshalb versumpften Ufergrundstücke rings um den See zu entwässern, war eine Senkung desselben um 1,8 m erforderlich. Das erste Project bestand in der Anlage eines Abzugscanales mit zwei Schleusen, von denen jede die Senkung des Wasserspiegels um 1 m bewirken sollte. Hiervon wurde jedoch mit Rücksicht auf den Umstand, dass die Seesohle aus Schlamm- und Lettenbänken bestand, demnach durch die Strömung des abfliessenden Wassers sich selbst in angemessener Weise vertiefen konnte, Abstand genommen und ein künstlicher Seeausbruch in Anwendung gebracht, welcher eine sichere Regulirung der abfliessenden Wassermenge gestattete.

Die bezüglichen Bauwerke bestanden in zwei Buhnen, parallel und in einem Abstande von 21,2 m in den See hineinreichend, so dass dieselben den Anfang des Abflusscanales bildeten. Auf je 10 m Entfernung erhielten diese sog. Parallelbuhnen an der inneren Seite sich gegenüberstehende, rechtwinklig gestellte Buhnen (Sporren) von 4,6 m Länge; die verbleibende freie Oeffnung von 12 m bildete somit die Normal-Sohlenbreite des neuen Abzugs-Canales.

Zur Herstellung der Seesperren wurde die Pfahlreihe der sich gegenüber stehenden Sporren auch durch die 12 m Sohlenbreite geschlagen, so dass hierdurch gewissermassen eine offene Schleuse hergestellt wurde. Die Schliessung derselben erfolgte durch Vorlage grünen Faschinenmaterials bezw. durch Verflechtung der Pfahlreihe mit Wippen von dürrem Erlenreisig.

Die Sporren hatten die Aufgabe, die Kolkrinne von den Parallelbuhnen fern zu halten; sie bewirkten ferner die Ausbildung derselben in der Richtung und in den Hauptabmessungen des herzustellenden Seecanales. Die Seesperren dienten zur Regulirung des Abflusses bei Anschwellungen und zur schnellen Verlängerung der Kolkrinne zwischen den Parallelbuhnen, ferner

---

*) Nach einer Abhandlung des Kreisculturingenieurs L. Statzner in der Zeitschrift: Der Cultur-Ingenieur, Band I, Seite 208, welcher die Situation des Sees sowie der zur Ablassung erforderlichen Bauwerke in zahlreichen Zeichnungen beigegeben sind.

zur Regulirung des Seeausflusses und der Verlängerung der Kolkrinne während der Arbeit an der Fortsetzung der Parallelbuhnen. Zu diesem Zwecke mussten des Abends oder wenn anderweitig, z. B. durch Feiertage, Unterbrechungen stattfanden, eine oder mehrere Seesperren armirt werden, um zu bewirken, dass die Verlängerung der Kolkrinne während der Feierzeit nicht den Parallelbuhnen vorauseilte und wegen ermangelnder Leitung die gewünschte Richtung verlassen konnte. Die im Bereiche der bereits gebildeten Kolkrinne befindlichen Sperren wurden mit ungebundenem, grünem Faschinenmaterial, diejenigen, welche von der Kolkrinne noch nicht erreicht waren, mit von Erlenreisig gebundenen Wippen armirt. Erstere hatten eine heftige Strömung, oft sogar einen Wassersturz auszuhalten, während die Strömung im Bereiche der letzteren eine mehr oder weniger ruhige war.

Nachdem die Parallelbuhnen auch landeinwärts durch die alte Auskolkung verlängert und der Fangdamm diese letztere vollständig abgeschlossen hatte, wurde derselbe, jedoch mit Belassung der Pfahlreihe zwischen den Parallelbuhnen, geöffnet, so dass hier die unterste Seesperre gebildet wurde. Nunmehr konnte der geregelte Abfluss des Sees in Gang gesetzt werden. Die Regulirung desselben bestand in der stetigen Verlängerung der Parallelbuhnen nach Massgabe der Seesenkung, jedoch derartig, dass die vordersten Buhnenenden immer noch 0,60 m Wassertiefe hatten, und in der Einwirkung auf die Bildung der Kolkrinne durch Nachhülfe mittelst Lockerung der Seesohle oder durch Hemmung mittelst Armirung einer oder mehrerer Sperren.

Unter den so geregelten Verhältnissen wurde der Seeabfluss vom 17. August bis 10. November 1867 fortgesetzt, wodurch zu der bereits vorhandenen Senkung von 0,90 m in Folge eines früheren Durchbruches eine gleiche, also im Ganzen von 1,80 m bewerkstelligt wurde. Die Senkung entsprach in der letzten Periode einem Mehr des Seeabflusses von 1,08 cbm pro Secunde gegenüber dem gesammten Zuflusse desselben, während zu Anfang des Abflusses dieser Ueberschuss 1,50 cbm pro Secunde betrug.

Die Wirkung des ausfliessenden Wassers auf die Erweiterung und Vertiefung der Kolkrinne nahm naturgemäss in dem Masse ab, wie die Niveaudifferenz zwischem dem Wasserspiegel des Sees und des Ableitungscanales sich verminderte; in der letzten Periode hörte die Veränderung der Kolkrinne in Folge des geregelten Abflusses gänzlich auf und fand dieselbe nur noch beim Abflusse grösserer Wassermassen in Folge stärkeren Regenwetters statt.

2) Die Senkung des Lungernsees im Canton Unterwalden.*) Die Ableitung erfolgte durch einen Stollen, welcher bis unter die Sohle des Sees getrieben und alsdann durch eine Minensprengung mit dem See in Verbindung gesetzt wurde. Derselbe hat seinen Abfluss durch den Aabach, welcher sich über den Kaiserstuhl in Cascaden ergiesst und alsdann in die Ebene von Giswyl eintritt. Das ursprüngliche Project der Tieferlegung (vom Jahre 1790) bestand darin, am steilsten Abhange des Kaiserstuhles neben dem Bette des Seeabflusses, 48 m unter der Oberfläche des Sees, einen schwach ansteigenden Stollen in gerader Linie gegen das Seebecken einzutreiben und durch denselben den See abzuleiten. Der Bau dieses Stollens wurde bereits in dem nämlichen Jahre begonnen und zwar in 1,8 m Höhe und 1,5 m Breite; nach 8 Jahren erreichte derselbe in hartem, aber zerklüftetem Kalksteine eine

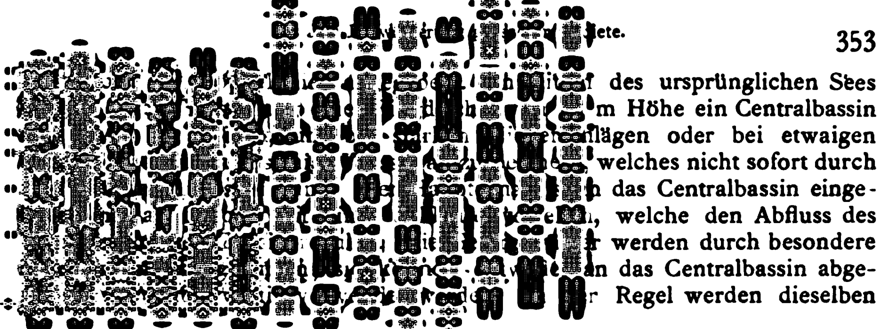
*) Vergl. M. Becker, Der Wasserbau, Seite 136; Stuttgart 1861.

Länge von 220 m. Da die Richtung des Stollens verfehlt war, auch die Geldmittel nicht mehr flossen, so wurde die Arbeit unterbrochen und erst im Jahre 1806 wieder aufgenommen. Jetzt führte man den Stollen bis unter den Rand des Sees und sollte nunmehr die Communication zwischen dem See und dem Stollen hergestellt werden. Nach mancherlei Unterbrechungen der Arbeiten und vielen Versuchen, welche sich als undurchführbar erwiesen, entschied man sich endlich im Jahre 1836 für die Anwendung der Minensprengung.

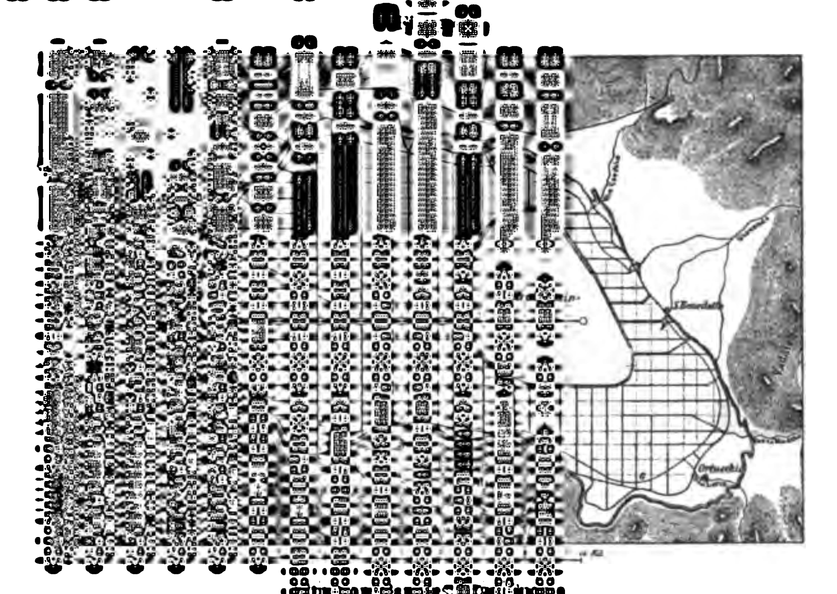
Es wurde zunächst eine Sicherheitsschleuse erbaut, um die unteren Thalgegenden vor Ueberschwemmung zu sichern. Zu diesem Zwecke wurde 31 m vom Anfange des Stollens ein 4 m langer Schacht aufwärts getrieben, welcher oben in eine Nische mündete; in diesem wurde ein kräftiger, bis zur Sohle des Stollens reichender Holzrahmen aufgestellt, der als Führung für eine Schütze zum Absperren des Stollens diente. Das Ende des Stollens wurde zu einer Kammer erweitert und ein 2 m hoher, senkrechter Schacht ausgesprengt; derselbe näherte sich bis auf 1,20 m dem Wasser und war zur Aufnahme des Pulvers bestimmt. Nachdem alle Vorbereitungen getroffen waren, wurde der Boden des Stollenendes mit grossen Holzpflöcken besetzt und diese Verdämmung stollenaufwärts in gleicher Höhe mit Sand und Steinen fortgeführt. Das Pulver, in einer Menge von 475 kg, befand sich in einem ledernen Sacke, welcher in einem festen, eichenen Fasse ruhte. Letzteres wurde in dem Schachte derartig aufgestellt, dass es nur noch 0,15 m von der Felsfirst entfernt war. Die Sprengung fand am 9. Januar 1836 statt und hatte einen vollständigen Erfolg; unmittelbar nach der Detonation schoss das Wasser aus der Stollenmündung hervor. Schon in den ersten 20 Stunden hatte sich der See um 1 m gesenkt, wodurch jedoch die Ebene von Giswyl unter Wasser gesetzt wurde. Es war daher nöthig, die Schleuse, welche bisher 1 qm Durchgangsöffnung gehabt hatte, auf 0,7 qm zu verengen. Bis zum 15. Januar stand das Niveau des Sees 4,20 m tiefer und es waren beträchtliche Landstrecken zum Vorscheine gekommen. Doch zeigte sich dabei auch ein vorher nicht berücksichtigter Umstand: es bildeten sich nämlich bedeutende Risse in dem Boden, in Folge dessen grosse Erdmassen in den See stürzten. Am 25. Februar war das Wasser bis auf das Niveau des Stollens abgelaufen, wobei das zu Tage gekommene Land sich in seiner ganzen Ausdehnung als ein schwarzer Schlamm zeigte, der erst allmählig durch Austrocknung und Bearbeitung in einen guten Boden verwandelt werden konnte.

Die Kosten des ganzen Unternehmens beliefen sich auf 51 826 Francs, während der gewonnene Boden jetzt etwa den dreifachen Werth besitzt.

3) Trockenlegung des Lago Fucino, Provinz Aquila, Italien. Die grossartigste Trockenlegung eines Sees mit Hülfe eines Tunnels ist die bereits im Alterthume versuchte, in neuester Zeit aber durchgeführte Ablassung des Fucinosees mittelst eines Tunnels von 6301 m Länge, dessen Anordnung bereits Seite 246 dargestellt wurde. Wie aus dem Situationsplane Fig. 200 ersichtlich, durchschneidet der Tunnel den Monte Salviano und endigt in dem Flusse Liri. Im Anschlusse an den Tunnel wurde der Hauptcanal für eine Capacität von 50 cbm pro Secunde erstellt, mit welchem ein weit verzweigtes Netz von Nebencanälen in Verbindung steht. Letztere sind in Entfernungen von 1 km angeordnet; sie münden rechtwinklig in den Hauptcanal ein. Zwischen je zwei Nebencanälen befindet sich eine Fahrstrasse (in der



des ursprünglichen Sees
m Höhe ein Centralbassin
lägen oder bei etwaigen
welches nicht sofort durch
das Centralbassin einge-
, welche den Abfluss des
werden durch besondere
n das Centralbassin abge-
r Regel werden dieselben



al bei *E* eingeleitet. Die
verwendet werden, indem
e durch Schleusen, welche
den Sammelcanälen ver-

rechtwinklig kreuzenden
n Seitenlänge, also von je
en sollen und zu diesem
de versehen werden.
Arbeiten können folgende
s 11,6 km, des Ringcanales
äle 70,56 km, Summe der
Canäle 648,8 km; Gesammt-
nge 210,41 km.
sten des gesammten Unter-
n Markus (a. a. O. Seite 223)

auf 35 Millionen Lire geschätzt. Nach demselben Autor hatten die am Fucinosee im Inundationsgebiete gelegenen Flächen vor der Trockenlegung einen Werth von 400 bis 425 Lire pro Hektar, während derselbe gegenwärtig 2500 bis 3400 Lire beträgt. Der Unternehmer der Melioration, Fürst Torlonia, gewann durch die Trockenlegung 14 175 ha als Eigenthum, so dass bei einem Durchschnittspreise von 3000 Lire das Besitzthum desselben einen Werth von 42,5 Millionen Lire repräsentirt.

Anmerkung. Von der Darstellung weiterer Trockenlegungen von Seen muss hier Abstand genommen werden; die interessanteste bezügliche Arbeit nächst der eben dargestellten ist jedenfalls diejenige des Haarlemmer Meeres in Holland, welche jedoch so häufig beschrieben wurde, dass auf eine erneute Wiedergabe Verzicht geleistet werden kann. Eingehende Darstellungen dieses grossartigen Unternehmens befinden sich u. a. in den Schriften von Treuding: Ueber Ent- und Bewässerung der Ländereien; Hannover, 1866; ferner von Heuschmid: Landesmelioration, Moorkultur u. s. w.; München 1880, sowie in verschiedenen, in holländischer Sprache erschienenen Monographien, z. B. Over de Droogmaking von het Haarlemmer-Meer door Gevers van Endegeest; Amsterdam 1857; in einem Aufsatze von Oppermann nach Storm-Buysing in der Zeitschrift des Hannoverschen Architekten- und Ingenieurvereines, Jahrgang 1865, Seite 258 und nach der Schrift von Endegeest in Förster's Allgemeiner Bauzeitung, Jahrgang 1865, Seite 238. Nicht vergessen dürfen wir schliesslich des vortrefflich belehrenden Aufsatzes von E. Gerland in Leyden: die Trockenlegung des Haarlemmer Meeres, in Westermann's Illustrirten Deutschen Monatsheften, Band 28, Seite 208 und 281.

C.

DIE ENTWÄSSERUNG EINZELNER GRUNDSTÜCKE.

Es handelt sich in der nachfolgenden Darstellung um diejenigen Entwässerungsarbeiten, welche Seite 285 als Melioration zweiter Ordnung bezeichnet wurden. Dieselben schliessen sich entweder den grösseren Entwässerungen an, indem sie die Einbeziehung der einzelnen Grundstücke in das Meliorationsunternehmen bewirken, oder sie werden, falls die genügende Vorfluth vorhanden, selbstständig, ohne Anschluss an Meliorationen erster Ordnung ausgeführt.

Während die im letzten Abschnitte besprochenen Grabensysteme das überschüssige Wasser des Bodens vorwiegend mittelbar aufnehmen, handelt es sich hier um diejenigen Leitungen, welche das Wasser dem Boden unmittelbar entziehen, welche denselben also gleichsam anzapfen.

Das den Boden versumpfende Wasser ist innerhalb desselben entweder in Ruhe oder in Bewegung. Stagnirendes Wasser kommt in Bewegung, sobald demselben der Abfluss nach einem tiefer gelegenen Orte hin eröffnet wird. Die so entstehende Bewegung wird erleichtert bei durchlässigem Boden, dagegen in dem Masse erschwert, wie der Boden mehr Theilchen undurchlassenden Materials enthält. Die Aufgabe der directen Abführung des Wassers aus dem Boden besteht darin, das stagnirende Wasser in einer bestimmten Richtung in Bewegung zu setzen und in geeigneten Leitungen anzusammeln, in Bewegung befindliches Wasser ebenfalls abzufangen und in den Vorfluthrecipienten zu führen.

Wird im Boden in angemessener Tiefe ein hohler Raum erzeugt, wie ihn ein Rohr oder ein tief eingeschnittener Graben darstellt, so bewegt sich das Wasser der benachbarten höher gelegenen Schichten in denselben hinein; andere Wassertheilchen folgen nach und es bildet sich eine regelrechte Strömung nach dem Recipienten hin. Die Wirksamkeit desselben erstreckt sich auf eine gewisse Entfernung, welche in erster

Linie von seiner Tiefe, ferner aber, wie bereits hervorgehoben, von der mehr oder minder beträchtlichen Durchlässigkeit des Bodens abhängig ist. Jedenfalls muss das Rohr oder die Wasserstandslinie des Grabens tiefer liegen als die Bodenschicht, von welcher das Wasser aufgenommen werden soll.

Die Entziehung des Wassers aus dem Boden kann durch offene Gräben oder durch unterirdische, geschlossene Leitungen (Sickergräben, Drains) erfolgen. Wie bei der Melioration erster Ordnung wird auch bei der directen Abzapfung des Wassers aus dem Boden häufig ein System von Gräben oder unterirdischen Canälen erforderlich werden. Die Leitungen schliessen sich wiederum der Terrainformation an, bilden verschiedene Abzweigungen und vereinigen sich schliesslich zu einem oder je nach der Ausdehnung des zu entwässernden Gebietes zu mehreren Sammelsträngen.

Die Ableitung des Wassers erfolgt durch einen grösseren offenen Graben, den Vorfluthgraben, welcher entweder zu einem umfassenden Entwässerungsgebiete gehört oder lediglich mit Rücksicht auf die locale Melioration hergestellt wurde. Zuweilen ist es möglich, das überschüssige Wasser in der Weise unschädlich zu machen, dass dasselbe in eine absorbirende Schicht des Untergrundes versenkt wird; es entsteht in dieser Weise die unterirdische Vorfluth.

In gleicher Weise wie bei der Entwässerung grösserer Gebiete muss auch bei derjenigen einzelner Grundstücke nach Möglichkeit die Abhaltung des von höheren Lagen in das zu entsumpfende Terrain gelangenden Wassers, sowohl des Tagewassers als auch des Grundwassers, bewerkstelligt werden. Die bezüglichen Leitungen heissen Auffanggräben oder, falls die Ableitung mittelst Drainröhren geschieht, Kopfdrains.

a. Entwässerung durch offene Gräben.

Die Entwässerung einzelner Grundstücke mittelst offener Gräben ist angezeigt:

1) in sehr ebenen Lagen, in welchen für unterirdische Röhrenleitungen nicht die Vorfluth geschafft werden kann;
2) wenn die Aufgabe vorliegt, beträchtliche und namentlich sehr veränderliche Mengen Tagewasser abzuleiten;
3) wenn die Absicht besteht, das Wasser durch eine Stauanlage zeitweise in den Gräben zurückzuhalten, um dasselbe zur Befeuchtung des Bodens zu verwenden (Einstauung);
4) bei extensivem Betriebe, wo der Bodenwerth kein sehr hoher ist und die Kosten der Röhrendrainage nicht aufgewendet werden können.

Die Anlage des Grabennetzes richtet sich nach der Ursache der Versumpfung. Grundwasser und von höheren Flächen herabfliessendes Tagewasser wird durch angemessen tief eingeschnittene

Gräben abgefangen, welche in der Richtung der Schichtenlinien bezw. mit geringem Gefälle gegen dieselben an den oberen Begrenzungen der zu entsumpfenden Fläche geführt und nach Aufnahme des Wassers auf kürzestem Wege, zweckmässig an einer Parcellengrenze entlang, in den Vorfluthrecipienten geleitet werden. Für die Ableitung des Tagewassers werden oft mehrere derartige Auffanggräben in verschiedener Höhe erforderlich; ist nur Grundwasser abzuleiten, so genügt häufig ein einziger Graben, sobald derselbe bis zu der Sohle der wasserleitenden Schicht eingeschnitten ist und ein angemessen weites Profil besitzt. Empfehlenswerth ist es, die Sohle und die noch abwärts gelegene Böschung der zur Ableitung des Grundwassers angelegten Gräben mittelst einer Bekleidung aus dichtem Material undurchlassend zu machen, damit das Wasser nicht unterhalb des Grabens wieder in den Boden eintreten kann.

Handelt es sich um die Ableitung von Stauwasser oder von direct auffallendem Tagewasser, welches in schwer durchlassendem Boden nicht abfliessen kann, so besteht das Grabennetz aus einem oder mehreren, in der tiefsten Lage des Terrains erstellten Gräben, welche erforderlichen Falls noch kleinere, unter einem spitzen Winkel einmündende Seitengräben aufnehmen. Der Abstand der einzelnen Gräben hängt wesentlich von der Bodenbeschaffenheit ab und beträgt 20 bis 50 m. Die Sohle der Gräben muss so tief erstellt werden, dass die Seite 293 angegebene Senkung des Wassers im Boden erzielt wird; bei ungenügender Vorfluth sucht man eine grössere Senkung des Wasserspiegels durch Verbreiterung des Profiles zu erreichen. Ist die Vorfluth eine besonders ungünstige, so muss die Ableitung des Wassers durch Herstellung sehr weiter, muldenartiger Gräben ermöglicht werden. In diesem Falle kann das Terrain nur als Grasland genutzt werden, liefert aber bei zweckmässiger Herstellung derartige Mulden zur Ableitung des Wassers oft recht günstige Erträge.

Das aus den Gräben gewonnene Material dient zur Ausfüllung von Vertiefungen auf dem Terrain und bewirkt häufig eine bemerkenswerthe Verbesserung desselben.

Die offenen Gräben besitzen gegenüber den unterirdischen Leitungen, namentlich den im nächsten Abschnitte zu besprechenden Röhrendrains, mancherlei Nachtheile, so dass sie vielfach durch letztere ersetzt werden. Bei intensivem Wirthschaftsbetriebe und falls die Drainage nicht in Folge zu niedriger, ebener Lage der Grundstücke ausgeschlossen ist, ist letztere stets vorzuziehen, wobei jedoch neben derselben einzelne offene Gräben für die Ableitung grösserer Wassermengen bestehen bleiben bezw. neu hergestellt werden können. Nachtheile der offenen Gräben sind, dass dieselben stets einen nicht unbeträchtlichen Theil des culturfähigen Terrains in Anspruch nehmen, welches demnach für den Ertrag verloren geht; oft liegen 10 Procent der Bodenfläche in Gräben. Werden die Gräben nicht tief genug eingeschnitten, um das Grundwasser abzufangen, so können sie nur zur Ableitung des Tagewassers dienen; will man sie

jedoch bis zur Tiefe der wasserführenden Schicht in den Boden einschneiden, so erhalten sie hierdurch zumeist eine ganz ausserordentliche Breite. Ein Graben von 1,25 m Tiefe und Sohlenbreite, also von einer Tiefe, in welcher man allgemein die Drainröhren legt, erhält bereits bei einfacher Böschung eine obere Breite von 3,75 m. Ein derartiger Graben kann nur als Begrenzung einer Parcelle dienen, nicht quer durch dieselbe hindurchgeführt werden, weil er die Bearbeitung des Ackers vollständig hindert. Eine Abzweigung, um Quellen unmittelbar da, wo sie zu Tage treten, abzufangen, ist selbst aus einem die Parcellengrenze bildenden Graben nicht durchführbar. Die offenen Gräben erfordern Brückenbauten, deren Anlage und Unterhaltung zumeist recht kostspielig ist; auch müssen sie regelmässig geräumt werden, wenn sie dauernd in guter Wirksamkeit bleiben sollen.

Die Grabenwände stürzen beim Aufgehen des Frostes im Frühjahre leicht ein, namentlich wenn in Folge des gefrorenen Bodens bei vorhandenem Grundwasser ein starker Wasserdruck entstanden ist. Sobald der gefrorene Boden an der Grabenböschung aufthaut, strömt das angesammelte Wasser mit grosser Vehemenz nach und reisst die Böschung ein. Es sind demnach an den Gräben fast alljährlich mehr oder minder kostspielige Reparaturen auszuführen. Findet sich Triebsand im Boden, so gelingt es zumeist nur mit grosser Mühe, den Graben bis zu der festgesetzten Tiefe zu erstellen; häufig muss man sich mit geringerer Tiefe und demnach unvollkommenerer Wirksamkeit begnügen und lässt sich der Graben erst nach einem längeren Zeitraume, nachdem die Abwässerung der oberen Schichten erfolgt ist, vertiefen. Hierbei ist häufig noch eine künstliche Befestigung und zumeist eine sehr flache Dossirung nothwendig. Die offenen Gräben dienen ferner den Maulwürfen, Mäusen u. s. w. zum Aufenthalte, welche ebenfalls zur fortgesetzten Zerstörung der Wandungen beitragen; viele Unkräuter finden in den stets feuchten Dossirungen ihre Vegetationsbedingungen und verbreiten sich von hier über die Acker- und Wiesenflächen.

Bei einer Parallele zwischen den offenen Gräben und den Drains ist zu berücksichtigen, dass letztere oft nicht mehr kosten, als der Gewinn an culturfähigem Boden bei Beseitigung der Gräben beträgt; ferner, dass dieselbe bei richtiger Anlage keine oder doch nur äusserst geringe Unterhaltungskosten erfordern, während diese bei offenen Gräben mit den zugehörigen Brücken nicht unerheblich sind. Einige Uebelstände der Drainage, besonders die nicht immer zu beseitigenden Verstopfungen einzelner Röhrenzüge, sollen weiter unten näher dargelegt werden.

b. Die älteren Methoden der Drainage.

Unter Drainage*) oder Drainirung im Allgemeinen versteht man die Kunst, den Boden mittelst unterirdischer Canäle von

*) Aus dem Englischen „*to drain*“ ableiten, abgraben, „*drainage*“ Trockenlegung.

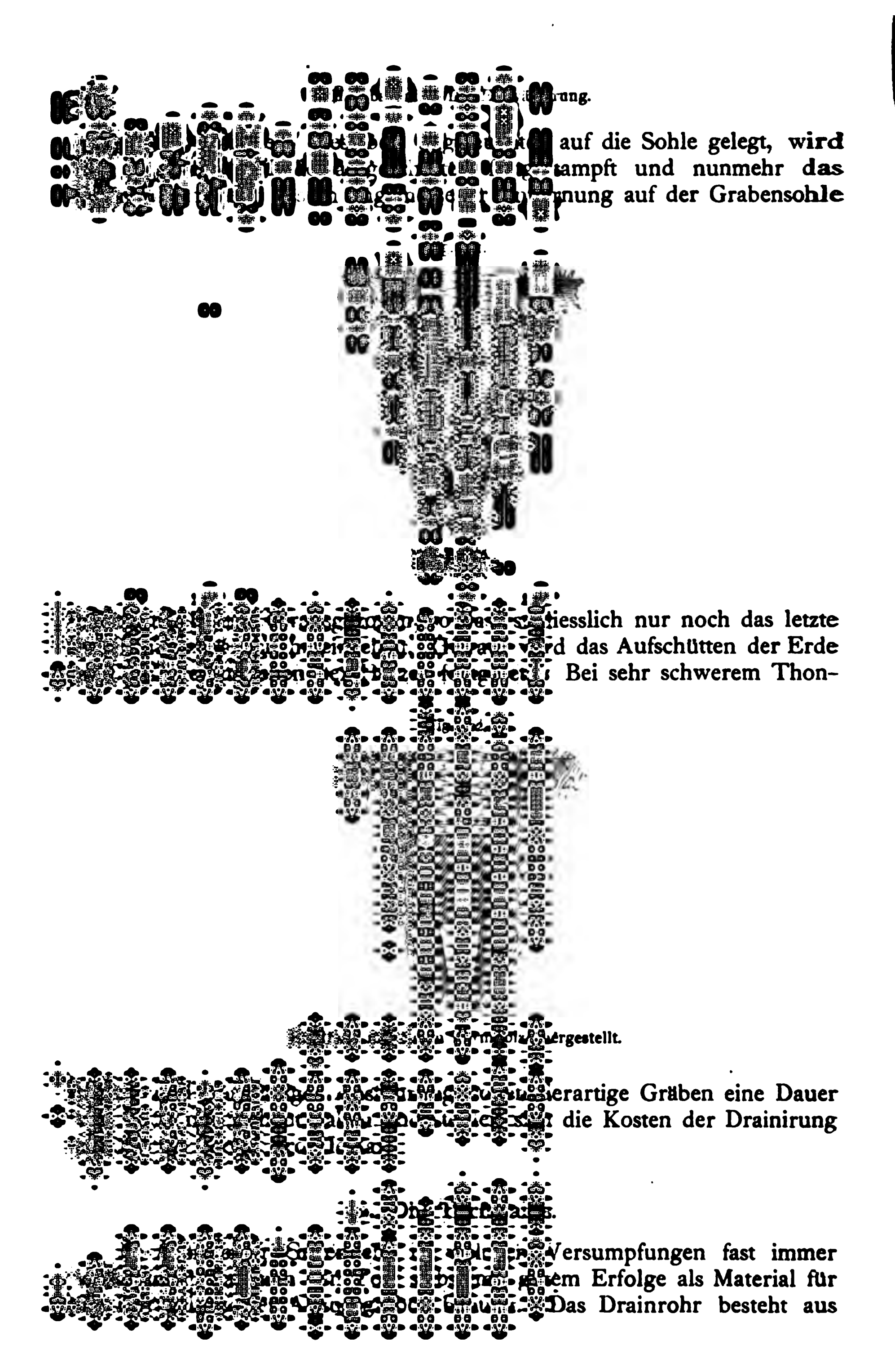
seiner überschüssigen Nässe zu befreien. In neuerer Zeit erfolgt die Ableitung des Wassers fast allgemein mittelst thönerner Röhren, welche systematisch, entsprechend der Figuration der Oberfläche, in dem Boden gelegt werden. Lange, ehe man in dieser Weise drainirte, benutzte man bereits unterirdische Canäle mancherlei Art zur Trockenlegung des Bodens, von denen ein grosser Theil heutigen Tages nur noch ein historisches Interesse besitzt. Es giebt jedoch immer noch Fälle, wo man auf eine oder die andere der älteren Drainirungsmethoden zurückgreift, wesshalb dieselben hier kurz besprochen werden sollen.

Die Disposition der unterirdischen Drainstränge, mit Rücksicht auf die Formation der Oberfläche und die Lage des Vorfluthrecipienten, ist die nämliche wie bei der Röhrendrainage und soll in dem folgenden Capitel ausführlich behandelt werden. Hier sei nur von der Anordnung der älteren Drainconstructionen die Rede.

1. Die Erddrains ohne Ausfüllungsmaterial (Erddauchen).

Diese einfachste aber auch unvollkommenste Methode der Drainirung wurde früher, vor Einführung der Röhrendrainage, in einzelnen Gegenden Englands, den Grafschaften Norfolk und Essex, in Anwendnng gebracht. Der Graben wurde ziemlich steil abgeböscht und unten mit einem Bankett versehen. Darüber wurde zunächst eine Rasenschicht und hierauf die Erde aufgeschüttet. Fig. 201 zeigt diese Anordnung. Die Tiefe dieser Gräben betrug 0,70 m. Die Methode konnte selbstverständlich nur in schwerstem Thon- und Torfboden angewendet werden und sollen in letzterem mit derselben oft günstige Resultate erzielt worden sein, da der einmal abgetrocknete Torf den Einwirkungen des Wassers gut widersteht. In Thonboden zeigte sich jedoch kein besonders guter Erfolg, da bei starkem Wasserzudrange zu dem gebildeten hohlen Raume sofort eine Veränderung des Querschnittes und ein Nachstürzen der Aufschüttung erfolgte. Man versuchte auch, den Hohlraum mittelst eines originell construirten Pfluges, des sogenannten Maulwurfspfluges, herzustellen, welcher an einer schmalen, aber kräftigen Griessäule ein spitzes Schar und anschliessend einen cylindrischen, horizontal gestellten Sohlenkörper trug. Dieser Pflug wurde durch einen Haspel, am Ende des Drainstranges aufgestellt, in Bewegung gesetzt, wobei der Betrieb durch Pferde und die Bewegungsübertragung durch eine Kette erfolgte.

Eine andere, in schwerem Thonboden zuweilen angewandte Drainirungsmethode bestand darin, dass man den Canal mittelst eines Formholzes auspresste. Fig. 202 stellt den Graben von 0,70 m Tiefe dar; in den unteren Theil *O* desselben bringt man ein Formholz von dem Querschnitte, welchen man dem Canale geben will. Das Ende desselben ist mit einem Ringe versehen, an welchem eine andererseits an einem einarmigen Hebel befestigte Kette angreift. Derartige Formhölzer werden oft drei bis vier in einer Gesammtlänge von 3 bis 4 m zusammen-



[illegible] ...ung.

[illegible] auf die Sohle gelegt, wird [illegible] ...stampft und nunmehr das [illegible] ...nung auf der Grabensohle

[illegible] ...iesslich nur noch das letzte [illegible] ...d das Aufschütten der Erde [illegible] Bei sehr schwerem Thon-

[illegible] ...ergestellt.

[illegible] ...erartige Gräben eine Dauer [illegible] die Kosten der Drainirung [illegible]

[illegible]

[illegible] ...Versumpfungen fast immer [illegible] ...em Erfolge als Material für [illegible] Das Drainrohr besteht aus

zwei übereinander gelegten Torfsteinen, Fig. 203 *a* und *b*, welche in ihrer Mitte eine Höhlung *c* von rundem Querschnitte bilden und auswendig, der Höhlung entsprechend, mit einem Wulste versehen sind. Das Ausstechen dieser Torfstücke erfolgt mittelst eines eigenthümlich ge-

Fig. 203.

Torfdrain.

formten Stecheisens, Fig. 204, durch welches dieselben sogleich die gewünschte Form erhalten. Die Stücke werden aufgeschichtet und unter gehörigem Luftzutritte bei wiederholtem Wenden getrocknet; nach einigen Wochen sind sie hinlänglich fest, um zu den Leitungen benutzt zu

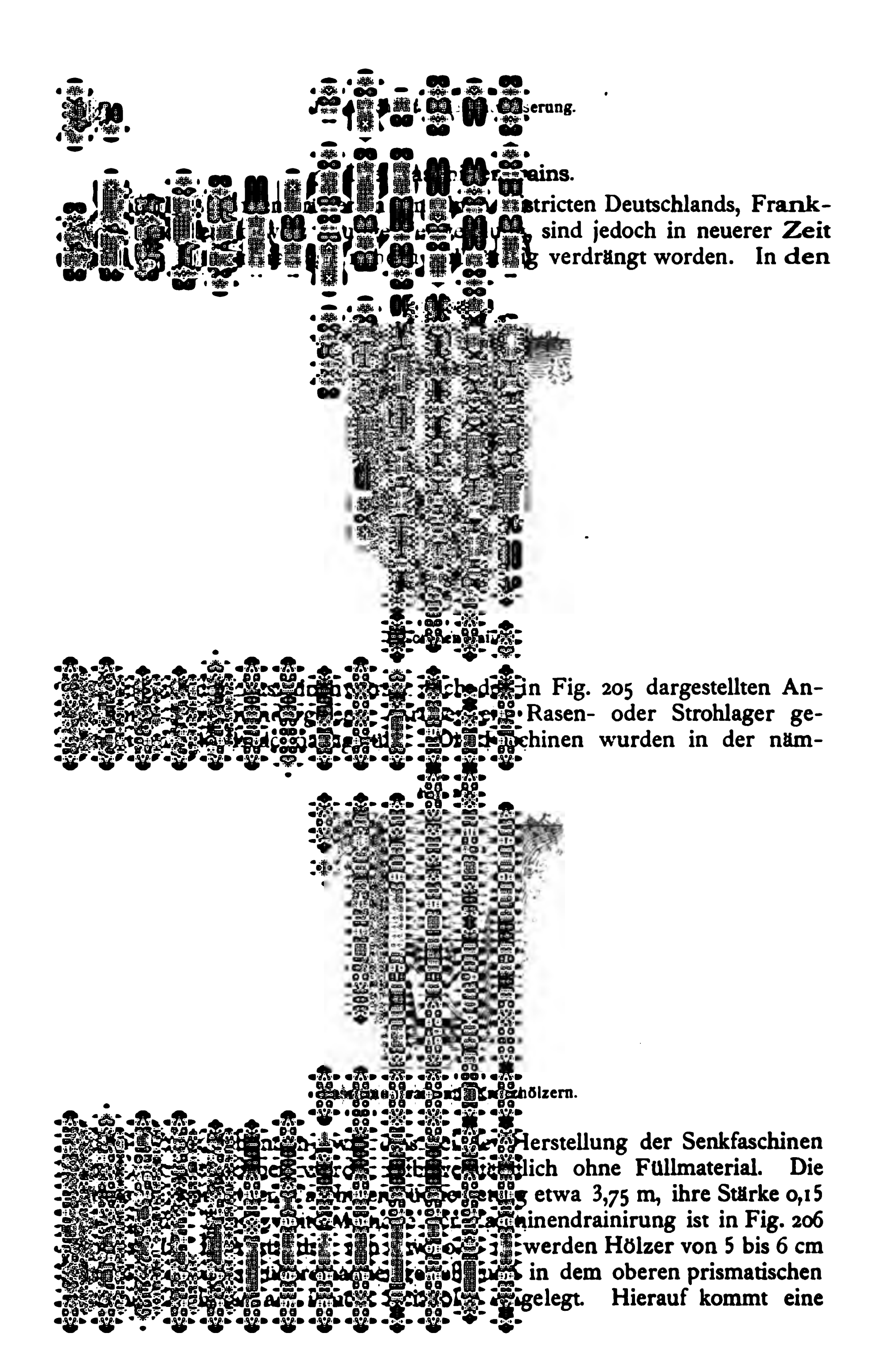
Fig. 204.



Stecheisen zur Erzeugung der Torfdrains.

werden. Man hat auch den Torf mittelst Pressen in die gewünschte Form gebracht, in welchem Falle das Rohr jedoch aus einem Stücke gefertigt wurde.

Mit dem Stecheisen soll ein Arbeiter 2000 bis 3000 Torfsteine täglich erzeugen können. Die Torfdrains, welche in früherer Zeit in einzelnen Districten Englands, z. B. in Lancashire, vielfach angewendet wurden, haben eine recht lange Dauer; wo sie bald zusammenstürzten, war dies zumeist dem unvollkommenen Austrocknen und schlechten Legen zuzuschreiben.



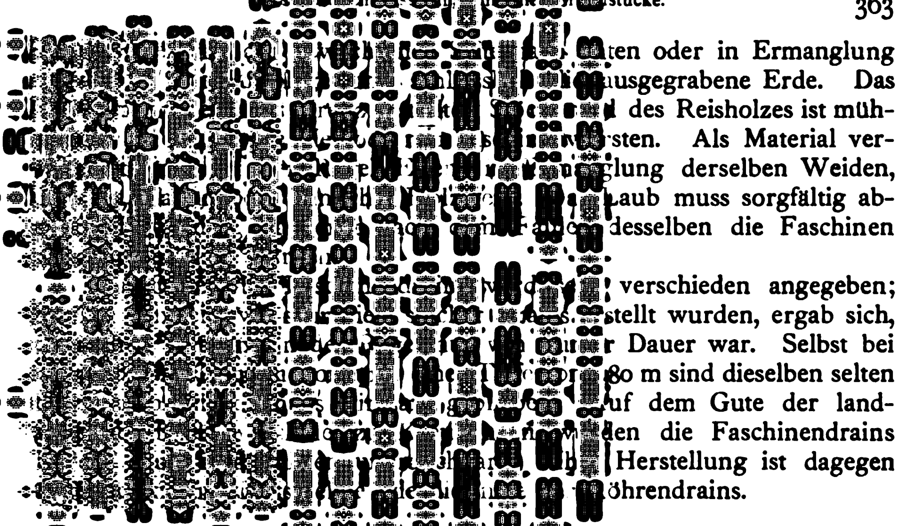
…ains.

… stricten Deutschlands, Frank- … sind jedoch in neuerer Zeit … verdrängt worden. In den …

… in Fig. 205 dargestellten An- … Rasen- oder Strohlager ge- … hinen wurden in der näm- …

…hölzern.

… Herstellung der Senkfaschinen … lich ohne Füllmaterial. Die … etwa 3,75 m, ihre Stärke 0,15 … inendrainirung ist in Fig. 206 … werden Hölzer von 5 bis 6 cm … in dem oberen prismatischen … gelegt. Hierauf kommt eine



...ten oder in Ermanglung ...usgegrabene Erde. Das ... des Reisholzes ist müh... ...sten. Als Material ver... ...glung derselben Weiden, ...aub muss sorgfältig ab... ...desselben die Faschinen

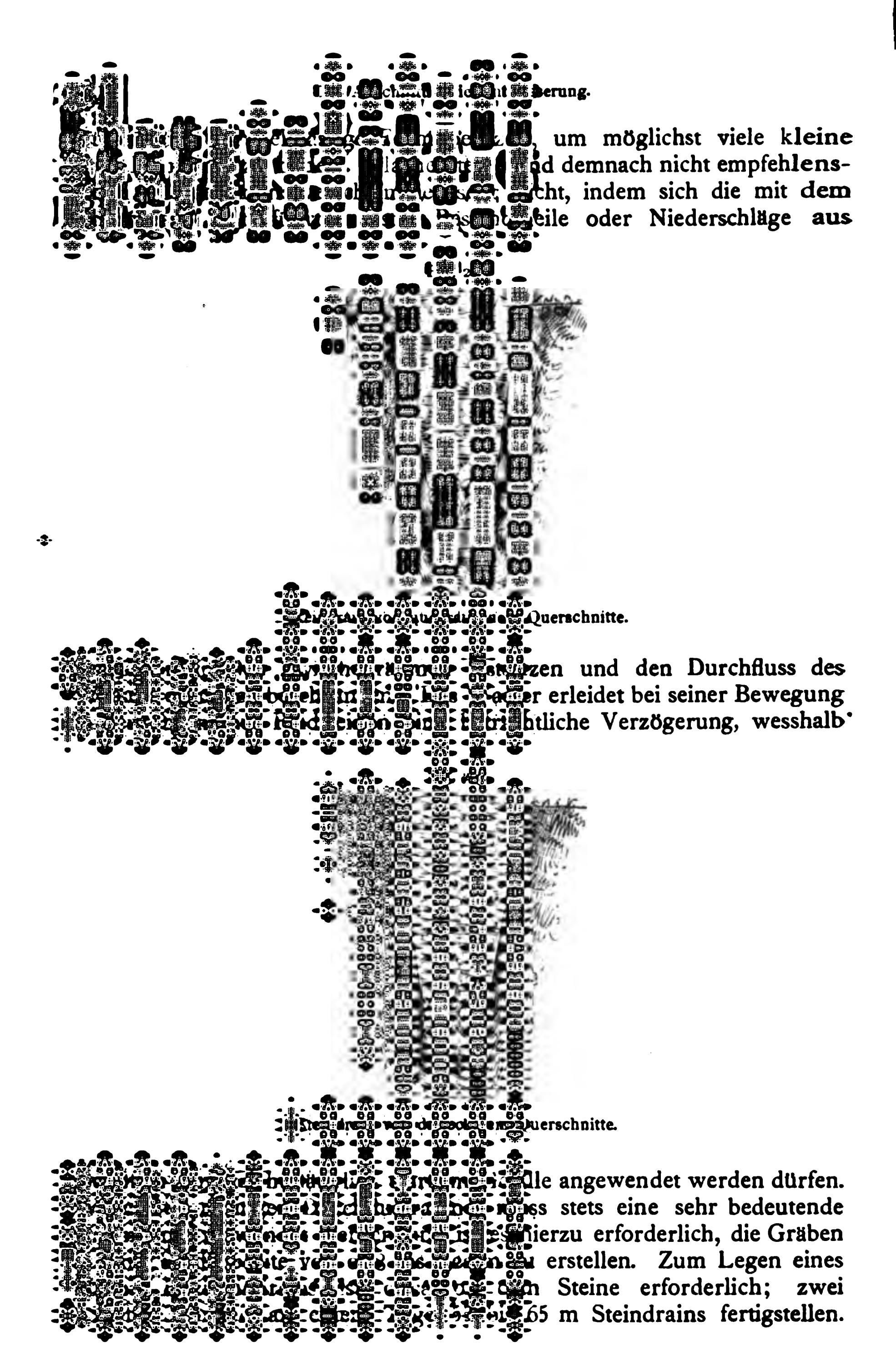
... verschieden angegeben; ...stellt wurden, ergab sich, ...r Dauer war. Selbst bei ...80 m sind dieselben selten ...uf dem Gute der land... ...den die Faschinendrains ... Herstellung ist dagegen ...öhrendrains.

...er Feld- oder Bruchsteine. ... von dem zu drainirenden ...diesem Falle sowohl die



... Melioration gleichzeitig ...n schüttet die Steine in ...n, legt eine Rasenschicht ...ch; Fig. 207. Die Steine

...te 209; Braunschweig 1866 ...gestellten Drains erheblich



...erung.

... um möglichst viele kleine ...d demnach nicht empfehlens- ...cht, indem sich die mit dem ...eile oder Niederschläge aus

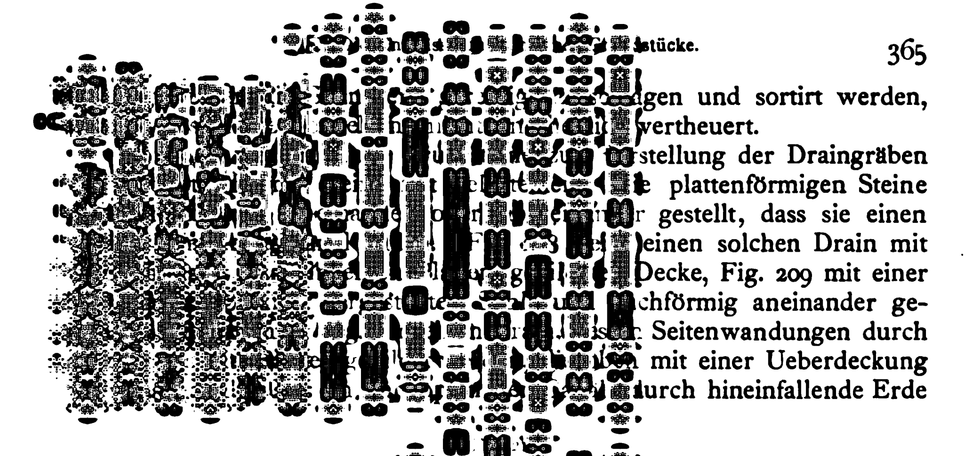
...Querschnitte.

...zen und den Durchfluss des ...r erleidet bei seiner Bewegung ...tliche Verzögerung, wesshalb

...uerschnitte.

...lle angewendet werden dürfen. ...ss stets eine sehr bedeutende ...hierzu erforderlich, die Gräben ... erstellen. Zum Legen eines ...n Steine erforderlich; zwei ...65 m Steindrains fertigstellen.

...gen und sortirt werden,
...vertheuert.
...stellung der Draingräben
...e plattenförmigen Steine
...r gestellt, dass sie einen
...einen solchen Drain mit
...Decke, Fig. 209 mit einer
...chförmig aneinander ge-
... Seitenwandungen durch
... mit einer Ueberdeckung
...durch hineinfallende Erde

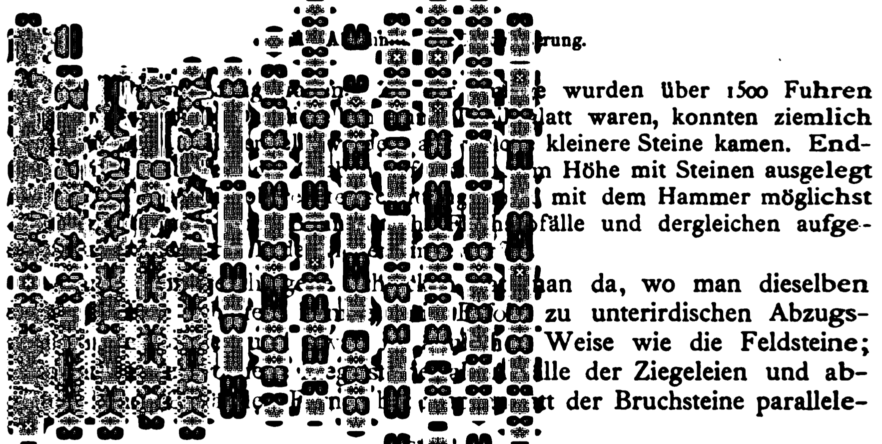


...hnitte.

... Schüttung von kleineren
...ist der zuerst erwähnten
... Abfluss erhält.
... von grosser Wichtigkeit,
...glich geschlagen werden;
...nicht durch und es kann
...em Material unterbleiben.
...genug verfahren, so ver-

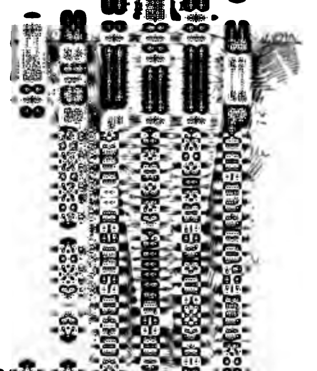
... mehrere Schläge in dieser
...stränge lagen 4,30 m von
...i der Grösse der zu ent-
...ben wurden 0,80 m tief und
...n die Furchen der Acker-
...ich in einem gemeinschaft-

...nheim von Dr. von Pabst,



... wurden über 1500 Fuhren ... att waren, konnten ziemlich ... kleinere Steine kamen. End- ... n Höhe mit Steinen ausgelegt ... mit dem Hammer möglichst ... fälle und dergleichen aufge-

... an da, wo man dieselben ... zu unterirdischen Abzugs- ... Weise wie die Feldsteine; ... lle der Ziegeleien und ab- ... t der Bruchsteine parallele-

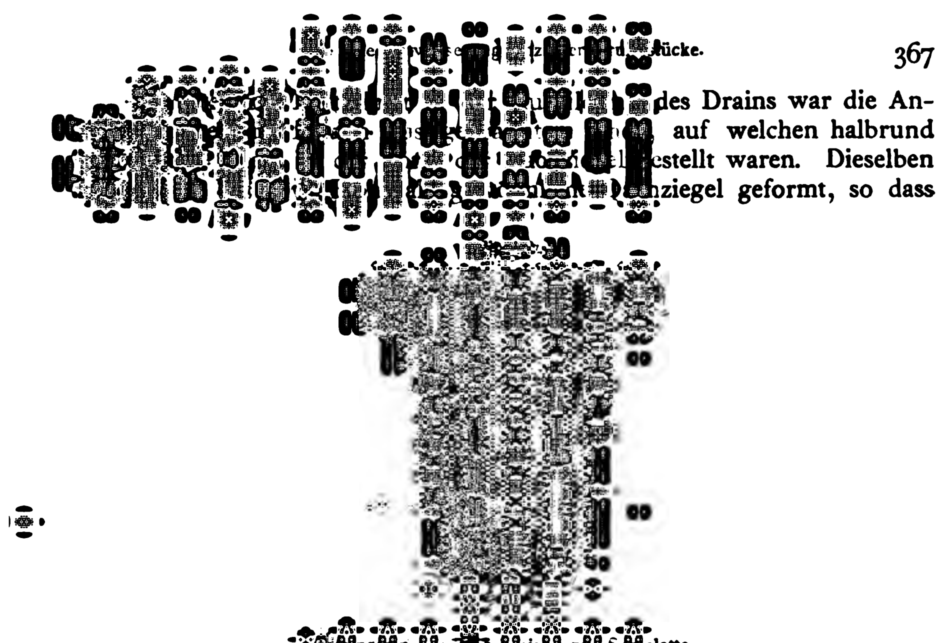


... Sohlplatte.

... r in den Fig. 211 und 212 ... nordnung, bei welcher die ... ist die empfehlenswerthere, ... nken kann. Diese Systeme ... Ziegel hinlänglich scharf ge- ... s Canäle aus Bruchsteinen. ... Vergleiche zu den Röhren- ... lt werden, da das Einsetzen ... ohle stehenden Arbeiter er- ... eitraubende. Bei den Ab- ... 0,065 m sind pro laufendes ... e ergiebt ein Quadrat von

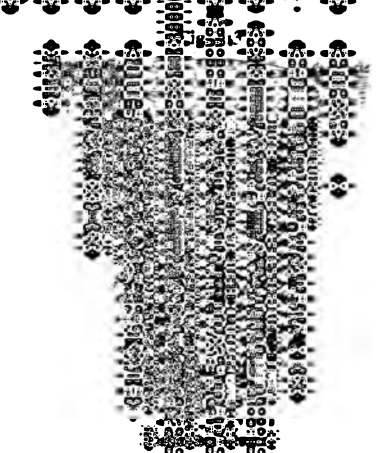
... en besitzen den Nachtheil, ... Reibung an den Wandungen ... und demnach immer starke ... n nicht in kürzester Zeit ein

...des Drains war die An-
... auf welchen halbrund
...estellt waren. Dieselben
...ziegel geformt, so dass



...platte.

...ltes Rechteck mit oben
...3 darstellt. Ueber dem
... Feldsteine angeschüttet,



...nlagekosten beträchtlich
...ewölbten Ziegel waren
...38 m Länge. Die Breite
... die Länge stimmte mit
...Sammeldrain verwendete

man Ziegel mit 8 cm Lichtweite bei 9 cm lichter Höhe. Genügte ein Rohr nicht zur Abführung des Wassers, so ordnete man zwei Röhren neben einander an. Diese Drainleitungen wurden in England bis zum Jahre 1845 vielfach verwendet; erst in dieser Zeit wurden sie durch die cylindrischen Röhren, welche nunmehr mit Hülfe der neu erfundenen Drainröhrenpresse zu mässigen Preisen hergestellt werden konnten, vollständig verdrängt.

Die ersten Röhren hatten quadratische, rechteckige, elliptische, birnenförmige sowie aus zwei Halbkreisen mit einer Einbauchung an den Verbindungsstellen zusammengesetzte Querschnitte. Die Herstellung dieser Röhren war vor Anwendung der Maschinen mindestens ebenso mühsam wie diejenige der Röhren von kreisrundem Querschnitte und trotzdem fanden letztere in früherer Zeit nur beschränkte Anwendung. Sie waren freilich bereits im Jahre 1808 durch John Read in der Grafschaft Kent in Anwendung gebracht worden, wurden aber durch die Profile mit flacher Unterlage bald wieder verdrängt. Erst seit dem Jahre 1845 fanden die Röhren mit kreisrundem Querschnitte in Folge der Einführung der Drainröhrenpresse allgemeinen Eingang. Zu derselben Zeit wurden auch die verbesserten Geräthe zur Erstellung der Gräben erfunden, welche es ermöglichen, die Erdbewegung auf das zulässige Minimum zu reduciren und ein derartig glattes und sicheres Auflager für die Röhren herzustellen, dass die Continuität des Stranges zuverlässig erhalten werden kann. Der Hauptvorzug des kreisrunden Querschnittes gegenüber den verschiedenen hier erwähnten besteht darin, dass das Wasser sich in einem Rohre von kleinstem Umfange im Vergleiche zu dem Querschnitte bewegt, so dass die Reibung des Wassers an den Rohrwänden möglichst niedrig ausfällt und man noch bei schwachem Gefälle eine schnelle Förderung des Wassers erzielen kann.*)

Der folgende Abschnitt enthält die specielle Darstellung der Röhrendrainage.

c. Die Versenkung des Wassers.

Anstatt das von einem versumpften Grundstücke angesammelte Wasser oberirdisch abzuleiten, lässt sich in manchen Fällen auch in der Weise eine Ableitung des Wassers bewerkstelligen, dass man dasselbe in eine absorbirende Schicht des Untergrundes versenkt. Befindet sich in nicht zu beträchtlicher Tiefe unter der Oberfläche eine wasserleitende Schicht, aus Sand, Kies oder Schotter bestehend, in derartiger Mächtigkeit und Neigung, dass sie das gesammelte Wasser aufzunehmen und abzuführen im Stande ist, so ist es oft gelungen, durch angelegte Brunnen-

---

*) In Nordamerika finden noch heutigen Tages Drains mit flacher Sohle und spitzer (gothischer) Wölbung weit umfassendere Anwendung als solche von rundem Querschnitte.

schächte eine wirksame Vorfluth zu gewinnen. Bei der Benutzung solcher unterirdischen Vorfluth ist jedoch mit besonderer Umsicht zu verfahren, weil andernfalls die Anlage leicht verfehlt ausfallen kann, indem im Laufe nicht zu langer Zeit, in Folge Verstopfung der unterirdischen Wasserwege, das Wasser in denselben staut oder sogar durch die nämliche Schicht Wasser, von höher gelegenem Gebiete unterirdisch geleitet, in das zu entwässernde Terrain eindringen kann. Das in den Untergrund zu leitende Wasser muss namentlich von allen Schlicktheilen frei sein, um eine Versetzung des durchlässigen Bodens zu verhüten. Am besten eignet sich die Versenkung des Wassers für Gegenden, in welchen nicht zu tief liegende tertiäre Sand- und Geröllschichten vorhanden sind, während in diluvialen Gegenden die meistens auf undurchlässigen Thonschichten ruhenden durchlassenden Schichten sich bald vollständig anfüllen und Stauungen eintreten, welche die weitere Abführung des Wassers unmöglich machen.

Die unterirdische Abführung des Wassers kann in zweierlei Weise erfolgen: entweder durch die Erbohrung einer grossen Anzahl von Löchern, deren zuweilen mehrere tausend auf das Hektar erstellt werden, oder durch Ansammlung des Wassers in einem Sammeldrain und Versenkung desselben mittelst eines Brunnenschachtes. Die erstere Methode ist nur anwendbar, wenn die absorbirende Schicht sich in sehr geringer Tiefe unter der Oberfläche befindet; sie wird vornehmlich in Holland mit Erfolg angewendet und führt auch zuweilen den Namen: holländische Drainage.*) Es werden mittelst starker Bohrer Löcher in den Boden erstellt und zwar bis auf die durchlassende Schicht. In jedes Loch wird eine Stange gesteckt, welche nur derartig bis unter die Oberfläche reicht, dass sie die Bodenbearbeitung nicht hindert. Um diese Stange herum wird das Loch mit Steinen gefüllt und über der Stange mit lockerer Erde. Die Zahl der Löcher ist oft eine sehr bedeutende und zwar bis auf 6000 pro Hektar. Die Kosten dieser Methode sind nicht zu hoch und betragen nach den Angaben französischer und holländischer Autoren im Maximum 200 Francs pro Hektar.

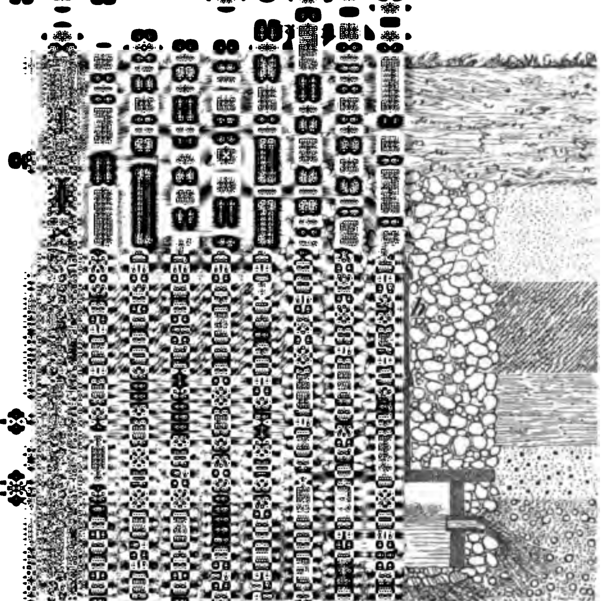
Man hat auch vielfach versucht, Drainröhren vertical herabzuführen und durch diese das Wasser in die absorbirende Schicht zu leiten. Trotzdem einige der bezüglichen Anordnungen sehr sinnreich erdacht waren und auch viel Anerkennung fanden, z. B. die Verticaldrainage von Hervé Mangon,**) so hat diese Methode doch nur höchst beschränkte Anwendung gefunden.

Verbreiteter ist die zweite Methode der Versenkung des Wassers, bei welcher das aus einem grösseren Gebiete in einem Sammeldrain vereinigte Wasser durch einen Brunnenschacht in die absorbirende Schicht geleitet wird. Da das Drainwasser häufig erdige Bestandtheile

*) J. A. Barral, Drainage des terres arables, Tome II; Paris 1862.

**) Instruction pratiques sur le drainage; Paris 1855.

des durchlassenden Bodens
ne weitere Aufnahme des
erforderlich, am Ende des
elchem das Wasser zunächst
itgeführten erdigen Bestand-
n durchlassenden Boden ge-
ugänglich sein, so dass von
ommen werden kann.



Untergrund.

ssers nach dieser Methode in
meinde Mauren im Canton
melkasten *a* wird das Wasser
ohr *b* bis in die absorbirende
durch einen unten offenen,
sten *c* erfolgt. Dieser letztere
iner starken Schicht Schotter-
s in jedem speciellen Falle
ttelt werden, welche durch
ann, da sich diese niemals im
gewonnene Resultate nicht

von J. Kopp; Frauenfeld 1865.



Wauer*) beschreibt die Versenkung des Wassers in ausführlicher Weise. Vermittelst des Erdbohrers wird an der tiefsten Stelle des Terrains eine Schicht gesucht, welche trocken und leicht durchlassend ist und aus Kies, Grand u. s. w. besteht. Findet man diese in nicht zu beträchtlicher Tiefe und hat man sich davon überzeugt, dass sie mächtig genug ist, das abzuleitende Wasser aufzunehmen, so wird an der betreffenden Stelle zur Anlage des Versenkungsschachtes geschritten.

Man gräbt zu diesem Zwecke eine Grube etwa 2 m im Quadrate so tief aus, bis man ungefähr 1,50 m in die betreffende Schicht hinein ist. Die Sohle dieser Grube wird mit Feldsteinen im möglichst engem Verbande ausgesetzt und es werden die Fugen mit Brunnenmoos ausgestopft. Der Verband muss aber derartig sein, dass das Wasser überall aus dem Raume in die Sandschicht abziehen kann. Der auf diese Weise entstandene Kasten, welcher eine lichte Weite von etwa 0,4 qm hat, wird mit starken Feldplatten so zugedeckt, dass nur in der Mitte eine Oeffnung bleibt, welche den Durchmesser der einmündenden Drainröhren erhält. Wo es an geeigneten Feldsteinplatten zur Deckung fehlt, kann man auch eine gewölbte Decke von Ziegelsteinen mit Cement ausmauern. Ist der Kasten so weit vollendet, so wird er ringsum mit Moos besteckt und darauf mit Kies oder grobem Sande eingedeckt. Auf die Oeffnung in der Mitte der Decke wird ein Drainrohr senkrecht so aufgestellt, dass das durch dasselbe fliessende Wasser frei und ohne jedes Hemmniss in den Kasten hineinfällt. Da aber das Wasser gerade auf den Boden des Kastens schlägt, so muss man an der Stelle, wo dies geschieht, eine grössere Steinplatte in der Sohle desselben anbringen, um auf diese Weise jede Unterspülung zu verhindern. Das erste auf dem Kasten aufgestellte Rohr muss sehr gut befestigt werden, um zu verhindern, dass es in den Kasten hineingleiten kann. Wenn dies geschehen ist, wird dasselbe mit recht strengem Thon oder Lehm wenigstens 0,30 m stark eingepackt und hierauf die Grube bis an den obersten Rand des Rohres mit dem ausgeworfenen Boden zugefüllt. Derselbe wird jedesmal so fest wie möglich eingestampft. Auf das erste Rohr wird alsdann ein zweites gesteckt, eben so verpackt wie jenes und es wird in dieser Weise fortgefahren, bis die Röhren die Sohlenlage der Drains erreicht haben.

Die senkrecht aufeinander gestellten Röhren müssen vorher ganz genau an einander gepasst werden, so dass das in denselben herunterfliessende Wasser nirgends einen Anstoss oder eine Lücke findet, bei welcher es durchbrechen könnte. Man wird dies am leichtesten erzielen, wenn man, nachdem man sich überzeugt hat, dass der Durchmesser genau stimmt, die Röhren mit ihren Stössen so lange an einander reibt, bis jede Ungleichheit abgeschliffen ist und sie ganz fest zusammenschliessen.

*) Die Drainirung, populaires Handbuch für Techniker und Landwirthe; Berlin 1859.

Die Drains münden in ein Bassin ein, welches ebenso gearbeitet ist wie das beschriebene Ausmündungsbassin. Die Ausmündung aus diesem führt das Wasser in die Versenkungsröhren. Der Versenkungsschacht muss natürlich früher fertig sein, ehe man an dem darin ausmündenden Systeme zu arbeiten beginnt: aber das letztere muss wieder eher abgesteckt, vermessen und die Röhrenberechnung aufgestellt sein, ehe man jenen anlegen kann, weil nach dieser erst die Weite der Versenkungsröhren festgestellt wird. Bei der Wahl der letzteren wird man wohl thun, den Durchmesser beizubehalten, welchen die Röhren des Hauptstranges haben, obwohl man ihn in Betracht des erheblich stärkeren Gefälles bedeutend verringern könnte.

Das Ausmündungsrohr aus dem oberen Sammelbassin wird nach abwärts gebogen, so dass dasselbe stets unter Wasser bleibt. Die Anordnung verhindert, dass leichtere, schwimmende Körper in das Rohr gelangen. Zur grösseren Sicherheit kann man die Ausflussöffnung auch mit einem leichten Drahtgeflecht versehen. Durch den Ablagerungsraum im oberen Bassin unter den Ein- und Ausmündungsröhren wird dem Eindringen von Sand und anderen schweren Gegenständen vorgebeugt.

Liegt die durchlassende Schicht zu tief, um sie durch Graben oder gewöhnliches Brunnenbohren zu erreichen, so kann man auch einen artesischen Brunnen bohren und ein hölzernes oder eisernes Rohr hineinsenken. Die Anlage des Bassins ist die oben beschriebene; natürlich fällt hier die Unterbauung des Kastens fort. Bei dieser Art der Anlage hat man ganz besonders sorgfältig zu erwägen, ob die Schicht, welche zur Aufnahme des Wassers dienen soll, auch wirklich dazu geeignet ist, weil der grössere Kostenaufwand, welcher verursacht wird, besondere Vorsicht gebietet.

Ein Haupterforderniss der guten Wirksamkeit und Erhaltung derartiger Anlagen ist, dass man das Bassin, in welches die Drains einmünden, stets unter genauer Controle hält, jeden fremden Stoff, wie Sand, Schlamm, Kalk- und Eisenocker-Niederschläge, auf das Sorgfältigste daraus beseitigt und ganz besonders den Deckel stets fest verschlossen hält, damit nicht etwa von oben her fremde Körper eingeführt werden können.

d. Entwässerung der Grundstücke mittelst Anpflanzungen.

Ein weiteres Mittel zur Entsumpfung des Bodens, welches unter Umständen vortheilhafte Verwendung findet, ist die Anpflanzung gewisser Gewächse, welche im Stande sind, durch ihre sich weit ausbreitenden Wurzeln grosse Mengen Wasser dem Boden zu entziehen und dieses zur Verdunstung zu bringen. Zu den bekanntesten dieser Pflanzen gehört die Sonnenblume, *Helianthus annuus*, welche in Sumpfgegenden eigens angebaut wird, um die schäd-

lichen Ausdünstungen des Bodens zu beseitigen. In der That liegen viele Fälle vor, in denen es gelungen ist, durch den Anbau von Sonnenblumen versumpfte Gegenden vollständig von Fieberkrankheiten zu befreien.

Der glänzendste Erfolg in dieser Hinsicht ist mit dem aus Australien stammenden Fieberheilbaume oder Blaugummibaume, *Eucalyptus globulus,* erzielt worden, welcher sich durch seinen ausserordentlich schnellen Wuchs auszeichnet und im Stande ist, sehr beträchtliche Mengen Wasser dem Boden zu entziehen. So wurde allgemein constatirt, dass Gegenden, welche früher regelmässig von Sumpffiebern heimgesucht wurden, kurze Zeit nach Anpflanzung des Fieberheilbaumes vollständig gesund wurden. Leider findet derselbe sein Fortkommen nur in Ländern, in welchen die Temperatur selten unter den Gefrierpunkt kommt; die Alpen bilden somit die nördlichste Grenze, bis zu welcher der Baum den Winter überdauert. Nach zuverlässigen Angaben verlangt derselbe das Klima der Orange, um ohne Gefahr sich entwickeln zu können. Aus Versuchen zur Ermittlung der Wassermenge, welche ein Eucalyptus-Baum aus dem Boden aufsaugen und zur Verdunstung bringen kann, die von Trottier in Algier angestellt wurden, konnte geschlossen werden, dass besonders in der heissesten, gesundheitsgefährlichsten Zeit 100 auf einem Hektar gepflanzte Bäume von gutem Wachsthume mit 500 kg Blättern eine tägliche Verdunstung von 30 000 kg Wasser veranlassen.

Fernerhin verbreitet der *Eucalyptus globulus* durch seine Blätter gewürzhafte, fäulnisswidrige Gerüche, welche ebenfalls, wenn auch in beschränkterem Masse als die erst erwähnte Eigenschaft, zur Zerstörung der Fiebermiasmen beitragen.

In Italien fand der *Eucalyptus* in jüngster Zeit vielfache Verwendung zu Anpflanzungen längs der Eisenbahnen, wo diese Sumpfgebiete durchschneiden, namentlich in der Umgebung der Stationen und Wärterhäuser in sumpfigem Terrain.

D.

DIE RÖHRENDRAINAGE.

---

a. Einleitung.

Die Drainage mittelst cylindrischer Thonröhren hat im Laufe der letzten 30 Jahre die älteren Methoden der Drainage fast vollständig verdrängt; sie verbreitete sich von England aus über den Continent und zwar vom Jahre 1851 an, wo die erste Londoner Ausstellung den Landwirthen des Continentes Gelegenheit gab, die grossen Vortheile kennen zu lernen, welche eine systematische Drainirung des Bodens gewährt. In England, dessen schwerer, oft nahezu undurchlassender Thonboden vielfach an stauender Nässe leidet, war dieselbe damals bereits seit einer Reihe von Jahren in Anwendung. Ihre ausserordentlichen Erfolge, welche sich in gesicherteren und erheblich erhöhten Ernteerträgen aussprechen, traten in überraschender Weise hervor: Felder, die vordem von Unkraut überwuchert waren, auf denen die Bestellung sich in Folge des versumpften Zustandes alljährlich verspätete, welche durch Spätfröste, durch mancherlei Pflanzenkrankheiten in ihren Erträgen arg beeinträchtigt wurden, gewannen nach der Drainirung einen durchaus gesunden Charakter und lieferten derartig glänzende Erträge, dass sich die nicht unerheblichen Kosten der Melioration in kürzester Zeit bezahlt machten.

Die ausgedehnte Anwendung, welche die Drainage zuerst in England fand, hatte neben dem Umstande, dass der dortige Boden fast durchweg der Trockenlegung bedürftig war, auch darin seine Ursache, dass den Grundbesitzern und Pächtern von Seiten des Staates beträchtliche Unterstützungen und Vorschüsse zur Ausführung der Drainirung gewährt wurden. Mit der Aufhebung des Schutzzolles für Getreide im Jahre 1846 war die Regierung unter Sir Robert Peel darauf bedacht, durch alle nur möglichen Mittel die Productionskraft des Bodens zu heben und wurde als eines der obersten die systematische Entwässerung des an stauender Nässe leidenden und darum in den Erträgen beeinträchtigten Bodens gefunden.

In England und Schottland wurden in den Jahren 1846 bis 1850 etwa 4 000 000 Pfund Sterling Staatsdarlehne einzelnen Grundbesitzern zu Boden-

verbesserungen bewilligt, in Irland zu dem nämlichen Zwecke 2 000 000 Pfund Sterling. Das Maximum betrug für einen Grundbesitzer 5000 Pfund Sterling; in Irland konnte nach dem Gesetze vom 30. Juni 1862 noch ein weiterer Zuschuss von 3000 Pfund Sterling gewährt werden. In neuerer Zeit findet dort eine Gewährung von Staatsdarlehnen nicht mehr statt, wogegen man jetzt durch Privatdarlehne den Zweck zu erreichen sucht.*) Die Staatsdarlehne wurden in 22 Jahren mit 6½ Procent amortisirt und verzinst; dieselben hatten gesetzliche Priorität vor den gewöhnlichen Hypotheken, jedoch nach den Kronrenten, Zehnten und Erbzinsen. Dem Pächter wurde nach der Melioration eine angemessene Erhöhung der Pacht von der Behörde, den *Inclosure Commissioners*, aufgelegt.

In Frankreich und Belgien wurde die Einführung der Drainage ebenfalls durch Staatsbeihilfe und Vorschüsse gefördert, wenn auch nicht in dem umfassenden Massstabe wie in England. Auch in einzelnen anderen Ländern geschah von staatlicher Seite Manches zur Beförderung der Drainage; namentlich haben einige im Interesse der Landescultur errichteten Rentenbanken vortreffliche Dienste in dieser Hinsicht geleistet und die erfolgreiche Ausführung der Drainage da möglich gemacht, wo andernfalls in Folge des hohen Zinsfusses für Darlehne der Nutzen der Melioration nur ein sehr zweifelhafter gewesen wäre.

Als das am häufigsten vorkommende technische Hinderniss für die Drainage hat sich der Mangel an Vorfluth erwiesen und die vielen mit der Beseitigung desselben verbundenen Schwierigkeiten. Die Technik der Drainage selbst kann nach den langjährigen Erfahrungen, welche seit der Einführung derselben unter den allerverschiedensten Verhältnissen gemacht wurden, als vollständig abgeschlossen betrachtet werden, da die bei der ersten Einführung der Drainage mannigfach entstandenen offenen Fragen im Laufe der Zeit definitiv zur Entscheidung gebracht wurden.

Allgemeine Anordnung. Zu einem Drainsysteme gehören zweierlei Gruppen von Röhren, Saugdrains und Sammel- oder Hauptdrains. Die Aufgabe der ersteren besteht darin, dem Boden das Wasser direct zu entziehen, während der Sammeldrain das Wasser einer grösseren Anzahl von Saugdrains aufnimmt und dasselbe in den Vorfluthgraben leitet. Das Entwässerungsgebiet eines Sammeldrains, wie es

---

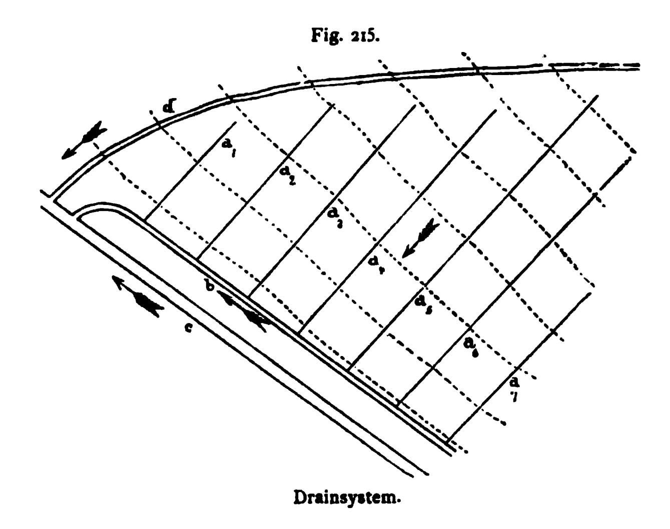
*) Solche Privatgesellschaften sind die schon im Jahre 1847 zusammengetretenen *Landowners Drainage and Inclosure Company* für England und Wales, die *General Land Drainage and Improvement Company* für England und Wales und die *Lands Improvements Company* für England, Schottland und Wales. Letztere vermittelt prioritätische Privatdarlehne gegen 2½ bis 3 Procent Provision und leiht selbst Geld zu Meliorationen aus gegen 6½ bis 7 Procent Zins und Amortisationsrente bei 25jähriger Amortisation.

Alle diese Gesellschaften sollen gute Geschäfte machen und haben zur Förderung der Drainage nicht unerheblich beigetragen. (Vergl. Annalen der Landwirthschaft in den Königl. Preussischen Staaten, Band 45, Seite 291.)

in Fig. 215 dargestellt ist, nennt man ein Drainsystem. Hier sind *aa* die Saugdrains, welche das dem Boden entzogene Wasser in den gemeinschaftlichen Sammeldrain *b* leiten, von dem es in den Vorfluthgraben *c* geführt wird. Aus diesem kann das Wasser entweder in einen Bach gelangen oder auch zur Bewässerung einer tiefer gelegenen Wiesenfläche benutzt werden.

Die Saugdrains liegen im stärksten Gefälle des Terrains, also rechtwinklig auf die durch punktirte Linien angedeuteten Horizontallinien; kleine Verschiedenheiten in der Lage des Terrains werden unberücksichtigt gelassen, um die parallele Lage der Saugdrains so viel wie mög-

Fig. 215.



Drainsystem.

lich zu erreichen. In coupirtem Terrain sind die einzelnen Gruppen von Drainsystemen in mannigfaltigster Weise angeordnet, wobei die Formation der Bodenoberfläche und die Lage des Vorfluthrecipienten die Grundlage für die Combination der einzelnen Systeme bilden. Zumeist vereinigen sich bei complicirteren Drainanlagen die Sammeldrains mehrerer Systeme wiederum zu einem gemeinschaftlichen Hauptdrain, welcher alsdann die gesammte Wassermenge der verschiedenen Systeme aufzunehmen hat und dem entsprechend bemessen sein muss.

Würde man die Saugdrains unmittelbar in den Vorfluthgraben münden lassen, wie dies bei älteren Anlagen hin und wieder vorkam, so erhielte man eine grössere Anzahl von Ausmündungen, welche in Folge ihrer exponirten Lage leicht zu Verstopfungen und anderweitigen Schäden Veranlassung geben könnten. Es ist demnach Grundsatz, die Zahl der offenen Ausmündungen so viel wie möglich zu reduciren, was jedoch nicht in der Weise übertrieben werden darf, dass den Sammeldrains ein zu grosser Durchmesser und eine zu beträchtliche Länge gegeben wird.

Im Uebrigen gewährt die Vereinigung einer Anzahl von Saugdrains in den Sammeldrain den Vortheil, dass man selbst ein stark coupirtes Terrain mittelst Drainage entwässern kann, ohne die Stränge in zu verschiedener Tiefe und divergirender Lage anordnen zu müssen.

Ausser den Saug- und Sammeldrains wendet man zuweilen noch sogenannte Kopfdrains an, welche am oberen Rande des zu drainirenden Grundstückes annähernd in der Richtung der Schichtenlinie gelegt werden, um das von höher gelegenem Terrain kommende Grundwasser abzufangen. Sie vertreten also die Stelle der Seite 356 erwähnten Auffanggräben. In Fig. 215 zeigt *d* einen Kopfdrain, welcher direct in den Vorfluthgraben eingeleitet wird. Würde man denselben in das Röhrensystem des unterhalb liegenden Terrains einmünden lassen, so müsste das Caliber der betreffenden Leitungsröhren zu erheblich vergrössert werden. Oft können die Kopfdrains als überflüssig erachtet werden; nur wenn sehr viel Grundwasser von höher gelegener Gegend herabkommt, erweisen sie sich als vortheilhaft, vorausgesetzt, dass sie bis in die Tiefe der wasserführenden Schicht gelegt sind.

Anmerkung. Die Drainröhren werden bei uns zumeist noch nach dem Zollmasse gefertigt und zwar in folgenden Lichtweiten:

	1	1¼	1½	2	3	4	5	6 Zoll,
gleich	26	33	39	52	78	104	131	157 mm.

Die Saugdrains erhalten einen lichten Durchmesser von 0,026 bis 0,05 m; es empfiehlt sich jedoch, den kleinsten Durchmesser, welchen jedes Rohr in seinem oberen Theile erhalten kann, nicht zu gering zu wählen und auf mindestens 0,035 m festzusetzen, um Verstopfungen nach Möglichkeit zu vermeiden. Die Länge der einzelnen Röhren beträgt gewöhnlich 0,30 m; die grösseren Sammeldrains erhalten jedoch häufig eine Länge bis 0,50 m, da sie nur die Aufgabe haben, das Wasser fortzuleiten, nicht aber, dasselbe direct aus dem Boden aufzunehmen. Der lichte Durchmesser der letzteren, welcher durch Rechnung derartig zu bestimmen ist, dass die Röhren das in denselben vereinigte Wasser mit angemessener Geschwindigkeit fortführen, beträgt 0,05 bis 0,15 m. Röhren von grösserer Weite wendet man ihrer Kostspieligkeit wegen nicht gern an; man zieht es vielmehr vor, wenn das Caliber von 0,15 m Lichtweite nicht ausreichen sollte, mehrere Stränge von geringerem Durchmesser neben einander zu legen.

Die Röhren werden mit möglichst ebenen und rechtwinklig zur Längenachse geschnittenen Stirnflächen dicht an einander gelegt, am besten und in neuerer Zeit allgemein ohne jeden Verband von Muffen oder Ringen. Letztere werden nur in dem Falle verwendet, dass es darauf ankommt, das Rohr auf einer bestimmten Strecke gegen das Eindringen fremder Körper, namentlich gegen das Einwachsen von Wurzeln, dicht abzuschliessen, wobei alsdann noch eine Dichtung des Rohres mittelst eines geeigneten Kittes vorgenommen wird. In dieser Weise sind z. B. die

Röhrenstränge bei dem weiter unten zu besprechenden Rérolle'schen Systeme angeordnet, bei welchem das Wasser lediglich durch kleine Verticalröhren von unten in die Stränge eintritt.

Das Wasser gelangt in die Röhren in der nämlichen Weise wie in einen offenen Graben; es folgt bei seiner Bewegung dem Gesetze der Schwere und fliesst da ab, wo sich ihm ein Weg zeigt. Die Stossfugen der Röhren leiten das Wasser in die Röhren hinein, in welchen es hierauf, dem Gefälle derselben entsprechend, weiter geführt wird. Die Fugen gewähren stets bei einer Anzahl von etwa 20 Röhren einen Durchgang, dessen Weite gleich dem Querschnitte des Rohres ist, selbst wenn die Röhren noch so dicht an einander gelegt sind. Bezeichnet d den Durchmesser des Rohres, b die mittlere lichte Weite der Stossfugen und n die Anzahl der Röhren, deren Stossfugen-Querschnitt gleich dem Querschnitte des Rohres sein soll, so muss

$$(\pi \, d \, b) \, n = \frac{\pi \, d^2}{4}$$

sein. Es folgt hieraus

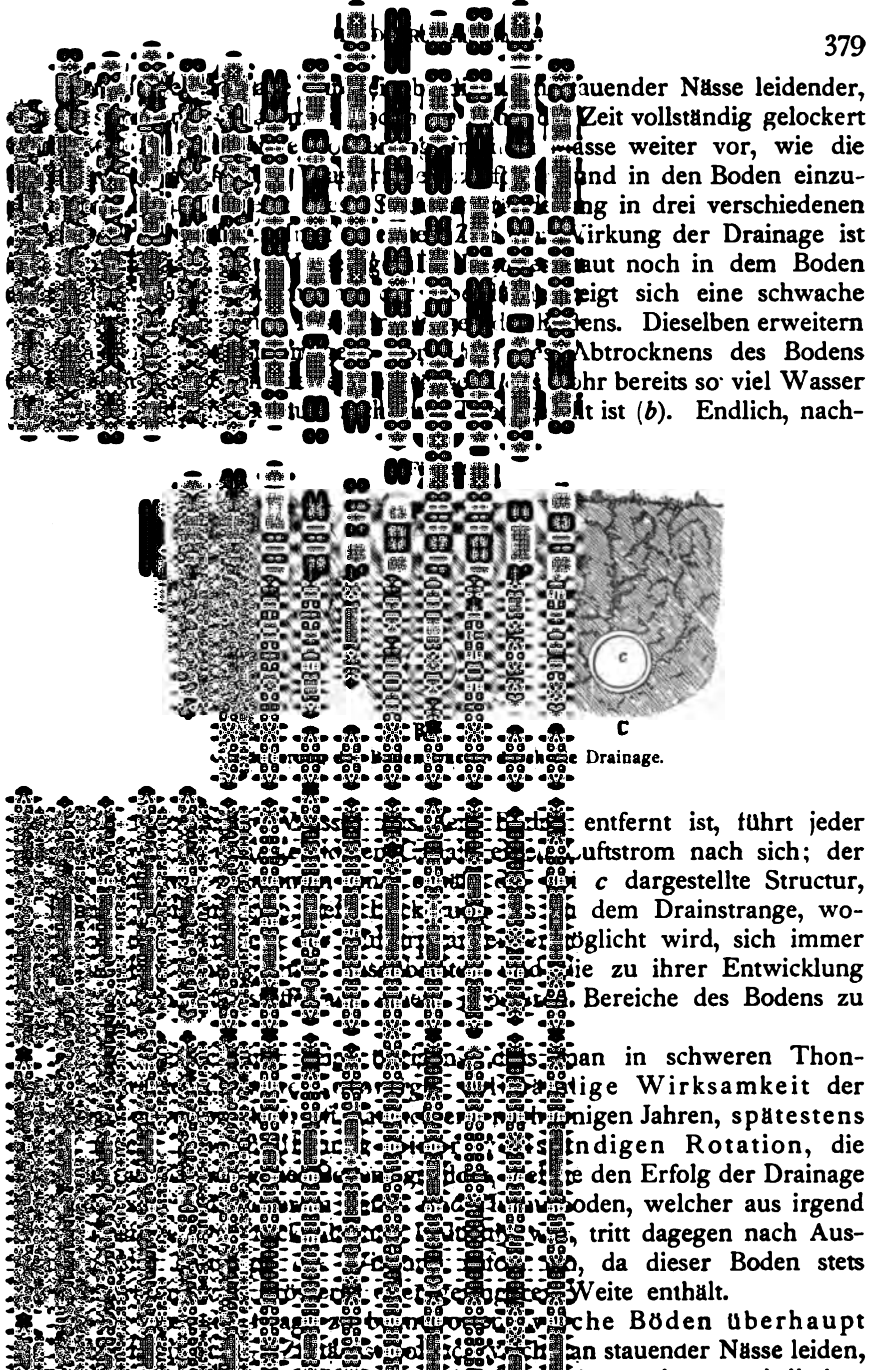
$$n = \frac{\pi \, d^2}{4 \, \pi \, d \, b} = \frac{d}{4 \, b} \,.$$

Setzen wir den Zwischenraum der Stossfugen gleich 0,5 mm, was bereits ein sehr gutes Röhrenmaterial und sorgfältigstes Legen voraussetzt und den Durchmesser der Röhren in der Mitte der Wandstärke gleich 40 mm, so ergiebt sich

$$n = \frac{40}{4 \cdot 0{,}5} = 20.$$

Es kann demnach durch 20 Stossfugen oder in Folge der Contraction des Wassers beim Passiren der engen Fugen durch etwas mehr als 20 Stossfugen so viel Wasser in das Rohr eintreten, wie dasselbe aufzunehmen im Stande ist. Beträgt die Länge der einzelnen Röhren 0,30 m, so erfolgte dies auf 6 m Stranglänge.

In früherer Zeit wurde häufig die Ansicht aufgestellt, dass das Wasser auch durch die Wandungen der Röhren in das Innere derselben gelangen könne; es kann dies jedoch nur in sehr geringem Masse bei schlecht gebrannten Röhren der Fall sein, deren Dauer hierdurch eine ausserordentlich beschränkte sein würde. Zur guten Erhaltung der Röhren ist es aber durchaus erforderlich, dass dieselben scharf gebrannt sind, dass also im Brennofen ein vollkommener Schmelzprocess, ein Zusammensintern nach Art des Klinkerbrandes, stattgefunden hat. Bei derartigen Röhren geht der Eintritt des Wassers in gleich zuverlässiger Weise vor sich wie bei den aus porösem Material bestehenden. Uebrigens würden sich bei letzteren die feinen Risse und Poren, welche vielleicht zu Anfang ein schwaches Durchsickern des Wassers ermöglichen, binnen Kurzem vollständig verstopfen.



auender Nässe leidender,
Zeit vollständig gelockert
ässe weiter vor, wie die
nd in den Boden einzu-
ng in drei verschiedenen
Virkung der Drainage ist
aut noch in dem Boden
eigt sich eine schwache
ens. Dieselben erweitern
Abtrocknens des Bodens
hr bereits so viel Wasser
t ist (*b*). Endlich, nach-

C

Drainage.

entfernt ist, führt jeder
uftstrom nach sich; der
c dargestellte Structur,
dem Drainstrange, wo-
öglicht wird, sich immer
ie zu ihrer Entwicklung
Bereiche des Bodens zu

an in schweren Thon-
tige Wirksamkeit der
igen Jahren, spätestens
ndigen Rotation, die
e den Erfolg der Drainage
oden, welcher aus irgend
, tritt dagegen nach Aus-
, da dieser Boden stets
Weite enthält.
che Böden überhaupt
an stauender Nässe leiden,
ober- oder unterirdischen

Abfluss sowie durch Verdunstung entfernt werden kann. Ein lockerer tiefgründiger Sandboden, in welchem das Wasser derartig tief in den Untergrund versinkt, dass es den Pflanzenwurzeln keinen Schaden zufügen kann, braucht demnach nicht drainirt zu werden. Man hat, namentlich in früherer Zeit, vorgeschlagen und auch einige bezügliche Einrichtungen ersonnen,*) den wegen Abwesenheit von stauender Nässe nicht drainage-bedürftigen Boden trotzdem zu drainiren und zwar, um eine Circulation der Luft in dem Boden und eine energischere Zubereitung der Pflanzennahrung zu bewirken. Bei einigem Nachdenken muss es aber Jedem einleuchten, dass dies ganz und gar überflüssig ist: denn in durchlässigem Sandboden, in welchem das auffallende Tagewasser ungehindert versinkt, folgt jedem in den Boden dringenden Wassertropfen ein gleiches Volumen Luft nach, so dass eine vollkommene Durchlüftung des Bodens auch ohne „Luftdrains" erzielt wird.

Bei der Drainirung von Wiesen muss man stets mit besonderer Umsicht verfahren, damit denselben nicht zu viel Feuchtigkeit entzogen werde. Zu diesem Zwecke dürfen die Röhren nicht in zu beträchtlicher Tiefe gelegt werden; auch wird es in vielen Fällen angezeigt sein, die Entwässerung mit der Bewässerung zu combiniren und eine Einrichtung zu treffen, durch welche der Grad der Entwässerung regulirt werden kann, wie dies in dem IV. Abschnitte dargelegt werden soll.

Solche Böden, deren abzuführendem Wasser keine Vorfluth geschafft werden kann, lassen sich selbstverständlich nicht drainiren. Hier muss zunächst auf eine Senkung des Wasserspiegels in dem Vorfluthrecipienten oder auf Erhöhung der versumpften Fläche hingewirkt werden. Falls auch hierdurch die Vorfluth für die Röhrendrainage nicht geschafft werden kann, so lässt sich die Entwässerung nur durch flache, offene Gräben bewerkstelligen (vergl. Seite 357).

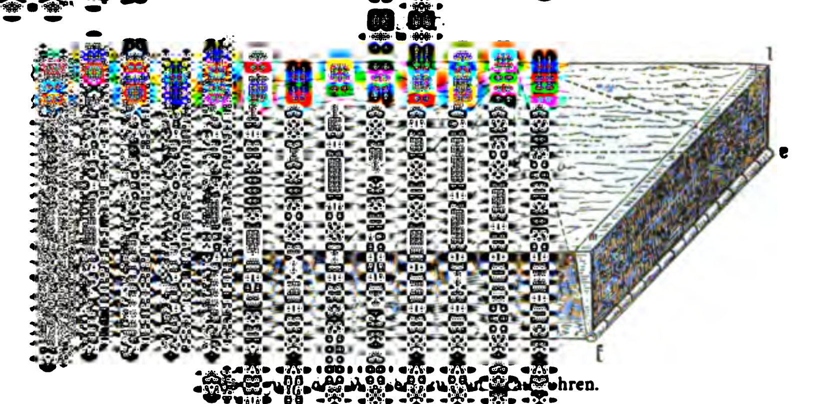
b. Die Lage der Drainstränge.

1. Die Richtung der Saugdrains.

Es ist bereits oben angeführt worden, dass bei einer gewöhnlichen Drainanlage die Saugdrains in der Richtung des stärksten Gefälles gelegt werden. In diesem Falle erstreckt sich die Wirksamkeit derselben nach beiden Seiten hin; das von höher gelegenem Terrain herabfliessende Wasser verfolgt einen Weg, welcher gewissermassen als die Resultante dreier Bewegungsrichtungen betrachtet werden kann. Ist *a b* in Fig. 217 die Wasserscheide für die beiden Drainstränge *c d* und *e f*, so unterliegt ein bei *a* befindlicher Wassertropfen zunächst der directen Einwirkung der Schwere, welche ihn in die Richtung *a g* zu leiten bestrebt ist. Gleichzeitig hat derselbe die Tendenz, in der Richtung des Terraingefälles

*) Barral, Irrigations etc., Seite 710.

wäre die Diagonale des
gt der bei *a* befindliche
also *a c* und *a e*, da bei
des Wassers durch die
r beiden Richtungen *a c*
sind *a d* und *a f*, d. h.
Wasserscheide und der
rsieht, dass schliesslich
gsstränge auf die Fläche
gelangen muss und das
Abstande des Auffall-
des letzteren in Be-



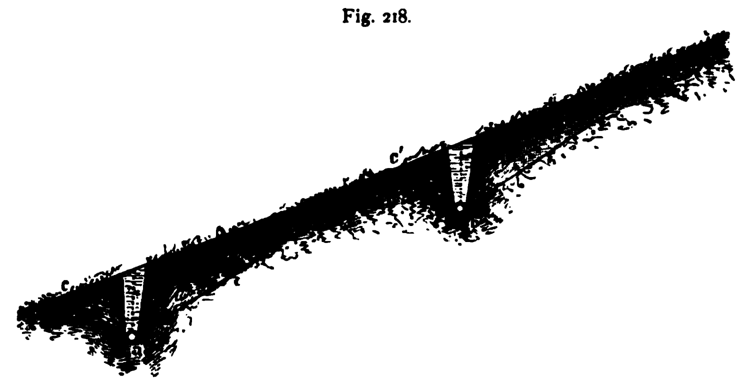
...hren.

f eine bestimmte, durch
nde Entfernung, welche
f angenommen wurde.
den, von der Tiefenlage
abhängig; bei der Rich-
eckt sich demnach die
gleich weit und die
hen zwei benachbarten

Richtung der Horizontal-
stellt, wo *a* und *b* zwei
Strang nur das Wasser
s beiderseitigen, auf-
n Fläche entwässert nur
dass die Wasserscheide
alb des Stranges befindet.
ürfte demnach nur etwas

mehr als die Hälfte der im stärksten Gefälle liegenden betragen, so dass für die nämliche Fläche im ersteren Falle beinahe die doppelte Stranglänge erforderlich wäre. Um ein Abfliessen aus dem in der Richtung der Horizontallinien liegenden Drainstrange zu ermöglichen, müsste derselbe überdies mit künstlichem Gefälle gelegt werden, d. h. der Strang müsste an seinem unteren Ende eine tiefere Lage erhalten als an dem oberen. Es hat dieses Mittel eine Reihe von Unzukömmlichkeiten zur Folge, z. B. zu flache Lage am oberen Theile oder zu tiefe, demnach

Fig. 218.



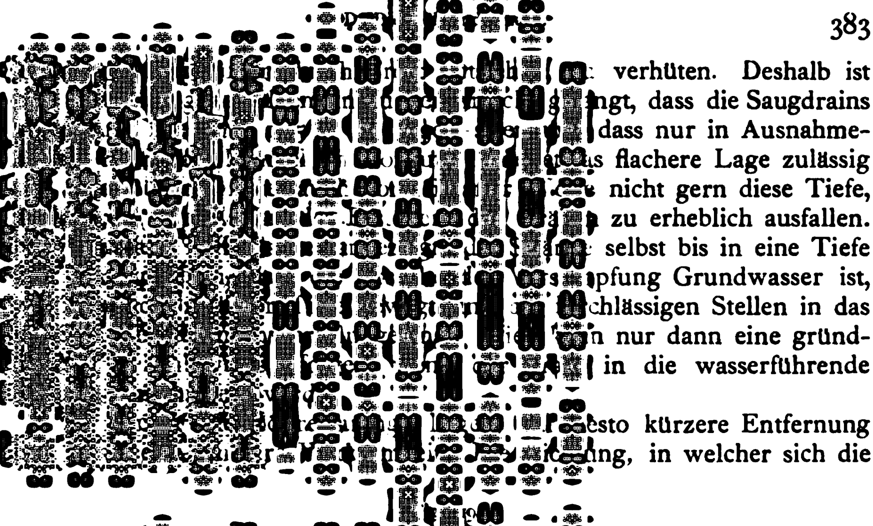
Bewegung des Wassers zu den Drainröhren.

zu kostspielige Lage am unteren; ferner eine verschieden weite Wirksamkeit des Stranges an den beiden Enden, da diese innerhalb gewisser Grenzen der Tiefe proportional ist.*)

2. Die Tiefe der Drainröhren.

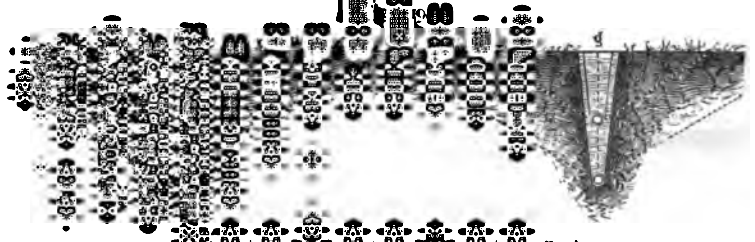
In früherer Zeit gingen die Ansichten über die angemessenste Tiefe der Drains sehr weit auseinander; man drainirte bei den Sickercanälen aus Steinen und Faschinen 0,75 bis 1 m tief und legte auch die Röhrendrains in der ersten Zeit ihrer Einführung selten in grösserer Tiefe als 1 m. Viele Beobachtungen haben jedoch den Beweis geliefert, dass dies nicht genügt, um eine möglichst günstige Wirksamkeit der Drainage zu erzielen und Schäden, wie solche durch Einwachsen von Wurzeln der

*) Bei dem Petersen'schen Wiesenbausysteme müssen aus weiter unten (Abschnitt IV) zu besprechenden Gründen die Drains in der Richtung der Horizontalen angeordnet werden, so dass die Drainage hierbei niemals so rationell ausgeführt ist wie bei der gewöhnlichen Methode. Zum Mindesten fällt dieselbe erheblich kostspieliger aus, da, falls eine gründliche Trockenlegung bewirkt werden soll, die Stränge in nahezu nur dem halben Abstande der im stärksten Gefälle liegenden Saugdrains angeordnet werden müssen.



verhüten. Deshalb ist
ngt, dass die Saugdrains
dass nur in Ausnahme-
s flachere Lage zulässig
nicht gern diese Tiefe,
zu erheblich ausfallen.
selbst bis in eine Tiefe
pfung Grundwasser ist,
chlässigen Stellen in das
n nur dann eine gründ-
in die wasserführende

esto kürzere Entfernung
ng, in welcher sich die



Drains.

en, ist durch die Resul-
edons gegeben. Je tiefer
rte Fläche, wie dies aus
ins *a* und *b*, so werden
tante *f d* und *c g* die in
gegen die Drains in den
wässernden Flächen sein
enlegung der Fläche *f g*
n nimmt die Ent-
d. h. seine Wirksam-
. Versuche, welche zur
angestellt wurden, dass
Tiefe direct unter ein-
ende Resultat, dass die
uerst liefen, die oberen
waren, das Wasser ab-

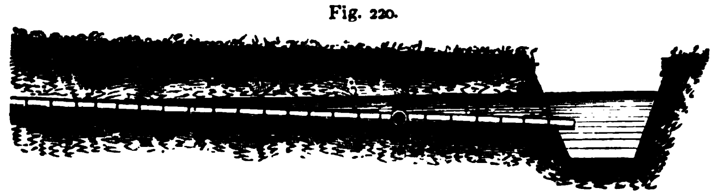
übrigens auch bei einer
werden, da bekanntlich
Allem die Bäume, ihre

Wurzeln zu weit grösserer Tiefe erstrecken. Wie man sich in besonders ungünstigen Fällen gegen das Einwachsen der Pflanzenwurzeln schützen kann, soll weiter unten dargelegt werden.

Eine nicht zu flache Lage gewährt den Vortheil, dass das durch die Drains abfliessende Wasser eine stärkere Filterschicht zu passiren hat, demnach geringere Mengen fruchtbarer Bestandtheile dem Boden entnimmt und abführt, als wenn dasselbe bei flacher Lage der Drains auf kürzestem Wege in die Röhren gelangen könnte.

In Betreff der mit dem Drainwasser abgeführten Nährstoffe liegt eine Reihe, theilweise sehr umfassender Versuche, namentlich von Augustus Völker in London, vor. Vor Allem findet sich in dem ablaufenden Wasser Salpetersäure, ferner Kalk, Magnesia, Schwefelsäure und Chlor, dagegen nur sehr geringe Mengen von Ammoniak, Phosphorsäure und Kali. Die Salpetersäure bildet sich durch eine Zersetzung der im Dünger enthaltenen stickstoffhaltigen organischen Substanzen. Der Verlust erhöht sich mit verstärkter

Fig. 220.



Fehlerhafte Ausmündung eines Sammeldrains in den Vorfluthgraben.

Düngung und ist in den Herbst- und Wintermonaten am grössten, in der Vegetationszeit, in Folge der Absorption des Bodens und Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanzen, am geringsten. Es empfiehlt sich danach, die Düngung mit Ammoniaksalzen auf drainirten Aeckern erst im Frühjahre vorzunehmen.

Bei Bestimmung der Tiefe, namentlich am unteren Theile des Drainsystemes und für die letzten Sammeldrains, ist von vorn herein darauf Rücksicht zu nehmen, dass die Ausmündungen über der Linie des Normalwasserstandes in dem Vorfluthgraben zu liegen kommen. Legt man die Ausläufe derartig, dass sie tiefer als der Wasserstand einmünden, vielleicht in der Absicht, denselben einen besseren Schutz zu gewähren, so wird die untere Fläche in der Horizontalschicht der Wasserstandhöhe des Vorfluthgrabens nicht entwässert; dieselbe kann sogar beim Steigen des Wassers in diesem vollständig versumpft werden. In Fig. 220 ist diese fehlerhafte, aber recht oft vorkommende Disposition dargestellt. Man wird desshalb häufig — bei ungenügenden Vorfluthverhältnissen — auf sehr flache Lage der Drains hingewiesen, wobei man ihre Wirksamkeit dadurch zu heben hat, dass man sie enger an einander legt. Letzteres kann entweder in der Weise geschehen, dass man die Saugdrains an der unteren Fläche doublirt, wodurch freilich die Kosten erheblich grösser werden, oder dass man den oberen Theil durch einen besonderen

Sammeldrain zum Abschlusse bringt und an der unteren Fläche die Röhren um 1/3 oder 1/4, je nach der mehr oder weniger flachen Lage, enger an einander legt (vergl. Seite 399).

3. Die Entfernung der Saugdrains.

Von grösster Wichtigkeit für den Erfolg einer Drainirung ist die richtige Bestimmung der Entfernung der Saugdrains von einander. Wird dieselbe zu gross gewählt, so würde in der Mitte zwischen denselben ein Streifen Landes nicht hinlänglich oder rechtzeitig trocken gelegt werden, in Folge dessen sich hier die Vegetation nicht in befriedigender Weise entwickeln könnte. Legt man dagegen die Stränge zu eng an einander, so würde zwar der Erfolg gesichert sein, jedoch mit unverhältnissmässig hohen Kosten, da diese sich nahezu umgekehrt proportional dem Abstande der Saugdrains ergeben.

Der angemessene Abstand der Drainzüge hängt ab:

1) von der Tiefe derselben, wie bereits im vorhergehenden Abschnitte dargelegt wurde. Innerhalb gewisser Grenzen kann der Abstand mit der Tiefe zunehmen;

2) von der Bindigkeit des Bodens. Je lockerer, durchlassender der Boden ist, je mehr Sandtheilchen derselbe enthält, auf desto grössere Entfernung erstreckt sich die Wirksamkeit eines Drainstranges nach beiden Seiten hin, desto weiter können also die Saugdrains von einander gelegt werden. Je bindiger der Boden ist, je mehr Thontheilchen derselbe enthält, desto geringer muss der Abstand zweier benachbarter Saugdrains sein.

In früherer Zeit hielt man es mit Recht für erforderlich, bei ausgedehnteren Anlagen Versuche zur Ermittlung der entsprechendsten Entfernung bei gegebener Tiefe zu veranstalten. Man legte zwei Versuchsdrains in der muthmasslich richtigen Entfernung, erstellte zwischen denselben in Abständen von 3 bis 5 m verticale Beobachtungslöcher, welche bis zur Tiefe der Drains hinabgeführt und mit Holzwänden bekleidet wurden. Zuweilen setzte man auch in diese Löcher Drainröhren von grösstem Caliber über einander gestellt ein, um ein Zusammenstürzen zu verhindern. An diesen Löchern beobachtete man besonders nach starken Niederschlägen den Stand des unterirdischen Wassers und suchte aus der Senkung desselben, namentlich in der Wasserscheide, auf den zweckentsprechenden Abstand der Saugdrains zu schliessen. Derartige Beobachtungen waren in früherer Zeit von nicht zu unterschätzendem Werthe; heutigen Tages, wo die vielseitigsten Erfahrungen über die richtige Entfernung der Drains für verschiedenartige Böden vorliegen, sind sie jedoch nicht mehr erforderlich.

Im Wesentlichen stimmen die an verschiedenen Orten gemachten Erfahrungen mit den nachfolgenden, von Wäge aufgestellten Entfernungsgrenzen überein:

Bei einer Tiefe von 1,25 m soll die Entfernung betragen:

a) In Thonboden, welcher über 50 Procent abschlämmbare Theile enthält	9,50 bis 11,30 m.
In demselben bei hoher Gebirgslage, wo die Luft häufig voll Wasserdünste ist und die Verdunstung verhindert	7,50 „ 9,50 „
b) In Lehmboden mit 20 bis 30 Procent abschlämmbaren Theilen	11,30 „ 18,00 „
c) In lehmigem Sandboden mit 10 bis 20 Procent abschlämmbaren Theilen	18,00 „ 22,50 „
d) In grobkörnigem Sande mit unter 10 Procent abschlämmbaren Theilen	22,50 „ 36,00 „

In Moor- und Torfboden ist die Entfernung nach Leclerc auf 11 bis 14 m zu nehmen.

Saatz*) hält selbst für schwersten Thonboden eine Entfernung von 10 m bei 1,25 m Tiefe für ausreichend und giebt folgende Zusammenstellung der zweckmässigen Entfernungen:

a) In schwerstem Thonboden	10 bis 12 m.
b) In mildem Thon- und kräftigem Lehmboden . .	12 „ 16 „
c) In sandigem Lehmboden . . . . ; . .	16 „ 20 „
d) In Sandboden	20 „ 24 „
In Ausnahmefällen selbst bis zu	30 „

Die Angaben Vincent's, dessen umfassende Erfahrungen auf dem Gebiete der Drainage allseitig anerkannt sind, weichen in der Frage der Röhrenentfernung von den sonstigen Ansichten ab. Derselbe empfiehlt, man solle die Röhrenstränge bei unserem gewöhnlichen lehmigen, mit Sandadern durchzogenen Boden gleich der 12fachen Tiefe, bei durchlassendem je nach dem Grade der Durchlässigkeit bis zur 25fachen Tiefe auseinander legen und nur verhältnissmässig enger da, wo man bei der Anwesenheit von Grundwasser nicht bis auf die wasserführende Schicht hinabkommen kann; ferner in dem allerstrengsten Thonboden und schliesslich in dem sehr feinkörnigen, mehlartigen Boden, in welchem die Capillarität das Wasser ausserordentlich fest zu halten vermag.

Bei stark quelligem Boden muss man die Drainstränge ganz nach der Lage der einzelnen Quellstellen ziehen, derartig, dass diese unmittelbar abgefangen werden. (Fig. 232 auf Seite 406.)

Ist die angemessene Entfernung richtig bestimmt, so kann die Anlage nur in dem Falle eine vollkommen wirksame bezw. eine möglichst billige sein, dass es zulässig ist, die parallele Lage der einzelnen Saugdrains durchweg einzuhalten. Dies ist jedoch nur möglich bei ebenem Terrain, in welchem die Saugdrains stets die Richtung des stärksten Gefälles er-

*) Verhandlungen des Schlesischen Vereins zur Förderung der Culturtechnik, Heft I, Seite 16; Breslau 1883.

halten. In coupirtem Terrain, wo man sich in möglichst vollkommener Weise der Terrainlage zu accommodiren hat, wo also die Saugdrains rechtwinklig auf die aufzusuchenden Horizontalen zu projectiren sind, kann die parallele Lage und sonach der festgesetzte Abstand derselben nicht immer vollkommen eingehalten werden. Hier bestimmt man die Entfernung derartig, dass sie im Mittel gleich der normalen ist; bei sehr starker Divergenz ist es jedoch erforderlich, besondere Anordnungen, z. B. durch Einschaltung kürzerer Saugdrains oder Bildung mehrerer Drainsysteme, zu treffen, wovon weiter unten die Rede sein soll.

c. Die Bemessung der Röhren mit Rücksicht auf die abzuführende Wassermenge.

Die Bestimmung der in der Zeiteinheit von der Flächeneinheit abzuführenden Wassermenge bildet die Grundlage für die Bemessung der Röhren. Dieselbe ist jedoch ausserordentlich schwierig, da die Ursachen der überschüssigen Nässe verschiedene sein können und ihre Menge in den verschiedenen Jahreszeiten ganz erheblich variirt. Die Quantität des in den Sommermonaten auffallenden Regenwassers braucht nicht in Betracht gezogen zu werden, da dieses in der Regel durch die Verdunstung vollständig entfernt wird, wie die Zahlenangaben Seite 12 darlegen. Die Menge des Grundwassers, falls dieses zur Versumpfung des Bodens beiträgt, ist nur in dem Falle zu berücksichtigen, dass dasselbe in besonderer Mächtigkeit vorkommt. Zumeist genügt es, die abzuführende Wassermenge nach dem localen Niederschlage in der ungünstigsten Jahreszeit, d. i. beim Aufthauen des Schnees, wenn sich grosse Niederschlagsmengen längere Zeit hindurch angesammelt haben, zu bestimmen und die Zeit der Abführung derartig festzusetzen, dass der Boden zur Frühjahrsbestellung abgetrocknet ist.

In früherer Zeit, als noch wenige Erfahrungen über die abzuführende Wassermenge vorlagen, suchte man dieselbe durch directe Messungen bei ausgeführten Drainanlagen zu ermitteln. Zum Theil hatten diese Messungen die Aufgabe, das Verhältniss des atmosphärischen Niederschlages zu der Verdunstung kennen zu lernen; die Differenz beider liefert das durch den Boden sickernde, also bei der Drainage durch die Röhren abgeführte Wasser. Andern theils wurden auch derartige Versuche direct zur Ermittlung des letzteren angestellt. Es sei jedoch von vorn herein bemerkt, dass dieselben niemals im Stande sind, ein allgemeines Gesetz über die von den Drains abzuführende Wassermenge festzustellen, da die localen Einflüsse, z. B. die Menge des der Verdunstung nicht ausgesetzten, überhaupt niemals genau zu bestimmenden Grundwassers, die Bodenverhältnisse, die Windstärke, welche die Verdunstung befördert u. s. w., einen zu erheblichen Einfluss auf das Resultat ausüben müssen.

Bei den Messungen, welche Schober in Tharand in den Jahren 1853 bis 1854 ausführte, wurde von einer drainirten Fläche in stark thonhaltigem

Boden täglich während einer Stunde die Menge des aus 3 Sammeldrain-Ausläufen abfliessenden Wassers gemessen und hiernach der mittlere Abfluss in 24 Stunden bestimmt. Gleichzeitig wurde mittelst eines Regenmessers der Niederschlag gemessen. Das Resultat zeigt folgende Tabelle:

Tabelle über das Verhältniss des Niederschlages zum Drainwasser.

Monat.	Niederschlag pro Hektar. l	Menge des pro Hektar durch die Drainröhren abfliessenden Wassers. l	Verhältniss des durch die Drainröhren abfliessenden Wassers zum Niederschlage.
Februar 1853	388 017,52	182 102,86	46 : 100
März "	276 167,33	480 283,63	177 : 100
April "	1 041 270,02	842 961,21	80 : 100
Mai "	619 044,66	360 399,93	58 : 100
Juni "	1 175 902,13	472 824,88	40 : 100
Juli "	838 176,79	274 922,36	32 : 100
August "	579 290,26	6 856,82	1 : 100
September "	921 483,36	139 222,46	15 : 100
October "	495 830,25	115 455,98	23 : 100
November "	302 352,45	25 065,56	8 : 100
December "	114 119,64	8 281,84	7 : 100
Januar 1854	210 923,52	72 353,76	34 : 100
Jahresmenge:	6 962 577,92	2 980 731,29	43 : 100

Die Tabelle zeigt, wie ausserordentlich verschieden das Verhältniss der durch die Drainage abgeführten Wassermenge zu der Niederschlagsmenge in den einzelnen Monaten ist. Im Hochsommer (August) betrug dieselbe nur 1 Procent des Niederschlages, während sie im März in Folge des Schmelzens des Schnees auf 177 Procent stieg.

Besonders werthvoll sind die folgenden Angaben über die abfliessende Menge des Drainwassers, welche von Lawes, Gilbert und Warington*) in Rothamsted (England) mit Hilfe eigens hierfür construirter Apparate, der Lysimeter, festgestellt wurden. Es sind dies gemauerte und mit Cement gedichtete Draingefässe, bei den angestellten Versuchen mit 4 qm Oberfläche, welche dem in natürlichem Zustande verbleibenden Boden gleichsam unterschoben wurden. Die drei in Verwendung gebrachten Lysimeter nahmen Bodenschichten von verschiedener Mächtigkeit und zwar von 508, 1016 und 1524 mm (20, 40 und 60 Zoll engl.) auf. Unten wurde das abfliessende Wasser mittelst eines weiten Trichters aufgefangen und in den Messapparat geleitet.

Der Boden in Rothamsted besteht hauptsächlich aus schwerem Lehm mit einem Untergrunde von Thon, beide mit Kieseln gemischt und auf Kreide

*) The Journal of the Royal Agricultural Society of England, Vol. XVII, Part. I.

ruhend. Die Ackerkrume ist 20 cm tief, alsdann folgt eine 25 cm starke Schicht bröcklichen Thones; der Untergrund besteht aus mehr steifem Thon. Die Versuche wurden durch 10 Jahre (1870—80) fortgesetzt und giebt die folgende Tabelle die Resultate in den einzelnen Monaten im Mittel aller 10 Versuchsjahre.

Tabelle über die Mengen des Niederschlages, des Drainwassers und der Verdunstung bei verschieden tiefer Drainirung.

Monate	Nieder-schlag	Drainwasser			Verdunstung		
		in 508 mm Tiefe	in 1016 mm Tiefe	in 1524 mm Tiefe	508 mm tief drainirter Boden	1016 mm tief drainirter Boden	1524 mm tief drainirter Boden
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Januar	71	51	58	51	20	13	20
Februar	53	36	39	35	17	14	18
März	41	14	17	15	27	24	26
April	61	21	23	22	40	38	39
Mai	56	11	13	11	45	43	45
Juni	67	13	14	12	54	53	55
Juli	83	23	23	20	60	60	63
August	68	17	17	16	51	51	52
September	79	29	26	23	50	53	56
October	80	43	43	36	37	37	44
November	79	54	57	51	25	22	28
December	59	44	48	43	15	11	16
Jahr	797	356	378	335	441	419	462

Diese Tabelle zeigt, dass der stärkste Abfluss zwischen September und Februar auftrat, während derselbe vom März bis August bedeutend geringer war. Die Verdunstung zeigt den umgekehrten Gang. In Hinsicht auf den Einfluss der Mächtigkeit der Bodenschicht auf die Menge des Drainwassers lassen die Zahlen keine Gesetzmässigkeit erkennen. Die in den Jahren 1870—75 angestellten Beobachtungen hatten ergeben, dass die durch den Boden gesickerte Wassermenge um so kleiner war, je tiefer die Bodenschicht war. Durch die in den folgenden Jahren gefundenen Resultate wurde jedoch dieses Verhältniss im Mittel umgestossen, indem nunmehr die 1 m tiefen Apparate das meiste Wasser, demnächst die 0,5 m tiefen und die 1,5 m tiefen die geringsten Wassermengen lieferten. Es wird überdies vermuthet, dass die Apparate im Laufe der Zeit undicht geworden waren, so dass Wasser von aussen nach innen oder umgekehrt gelangen konnte.

Vincent empfiehlt, die Drainanlage derartig zu bemessen, dass dieselbe im Stande ist, den sehr starken Regenfall eines Monates in der halben Zeit abzuführen. Er nimmt an, dass bei sehr bedeutenden Niederschlägen in manchen Herbst- und Wintermonaten 0,1 m Wasser in den

Boden einziehen*) und verlangt, dass diese Menge in der halben Zeit, also in 14 Tagen, von den Drains abgeführt werde. Es ergiebt dies pro Tag 0,00 653 m, so dass die pro Hektar und Secunde abzuführende Wassermenge sich auf

$$\frac{10\,000 \,.\, 0{,}00\,653}{24 \,.\, 60 \,.\, 60} = 0{,}000\,756 \text{ cbm}$$

berechnet. Diese Menge ist in der Regel ausreichend, da sie die durch directe Messung ermittelte noch überschreitet. Nur, wenn das Terrain sehr stark durch Grundwasser versumpft ist, würde sich eine weitere Erhöhung derselben empfehlen.

Viele Draintechniker nehmen eine weit geringere Wassermenge an und haben damit auch anscheinend günstige Resultate erzielt. Die Instruction der Königlichen General-Commission für Schlesien für Feldmesser und Draintechniker empfiehlt als abzuführende Wassermenge im Flachlande 0,000 308 cbm, in Gegenden über 150 m Meereshöhe 0,000 367 cbm pro Hektar und Secunde. Wäge und v. Möllendorff nehmen für schweren Boden 0,000331, für leichten Boden 0,000 468 cbm an, englische und belgische Schriftsteller (Stephens und Leclerc) empfehlen dagegen ein grösseres Quantum als Vincent, und zwar 0,00 113 cbm pro Hektar und Secunde. Im Allgemeinen, wenn nicht besondere Umstände für Verminderung oder Vermehrung der in Rechnung zu ziehenden Wassermenge sprechen, erscheint es gerathen, die Vincent'sche, durch langjährige Erfahrung bewährte Zahl zu Grunde zu legen.

Ist das in der Secunde von der Flächeneinheit abzuführende Wasserquantum festgesetzt, so lässt sich danach die Grösse der Fläche bestim-

---

*) Nach den Angaben v. Möllendorff's in dem Werke: Die Regenverhältnisse Deutschlands beträgt die Maximal-Regenhöhe in einem Monate:

Zwischen der Ostsee und dem uralischen Landrücken	0,052	bis	0,081 m.
Zwischen dem uralisch baltischen und dem uralisch karpathischen Landrücken	0,058	„	0,085 „
Zwischen dem uralisch karpathischen Landrücken und dem deutschen Mittelgebirge	0,055	„	0,101 „
In der rheinischen Ebene	0,081		„
In der österreichischen Tiefebene	0,054		„
Auf der bayerischen Hochebene	0,108		„
Im schwäbischen Hügellande und in der fränkischen Ebene	0,108		„
Im süddeutschen Gebirgslande	0,191		„
Im Elbgebiete	0,065		„
Im Wesergebiete	0,064		„
Im Emsgebiete	0,073		„

Ausführlichere Angaben über die Menge des Niederschlages sind im I. Abschnitte Seite 6 u. f. gegeben.

men, welche ein Drainstrang von bestimmtem Durchmesser und Gefälle zu entwässern im Stande ist. Es bezeichne

Q das von dem Drainstrange mit gegebenem Durchmesser d und dem Gefälle $h : l$ in der Secunde gelieferte Wasser in Cubikmetern,

A die Grösse der Fläche in Hektaren, welche von dem Rohre entwässert werden kann,

so besteht, da die von einem Hektar abzuführende Wassermenge 0,000 756 cbm beträgt, die Beziehung

$$A : Q = 1 : 0{,}000756$$

und ist danach

$$A = 1322{,}7\ Q.$$

Der Werth von Q bestimmt sich nach der Seite 104 angegebenen Formel

$$Q = 2{,}818\ d^2 \frac{a}{b} \sqrt{\frac{50\ dh}{l + 50\ d}},$$

in welcher für a und b die angegebenen Werthe zu setzen sind. Es ist also

$$A = 3727{,}4\ d^2 \frac{a}{b} \sqrt{\frac{50\ dh}{l + 50\ d}} = 3727{,}4\ d^2 \frac{a}{b} \sqrt{\frac{50\ d}{l + 50\ d}} \sqrt{h}.$$

Setzt man

$$3727{,}4\ d^2 \frac{a}{b} \sqrt{\frac{50\ d}{l + 50\ d}} = k,$$

so lautet die Formel

$$A = k \sqrt{h}.$$

Die Werthe von k ergeben sich für die verschiedenen Röhrendurchmesser, wenn $l = 100$ gesetzt wird, so dass h das procentische Gefälle bedeutet, wie folgt:

für d =	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15 m
k =	0,272	1,090	3,743	6,778	13,350	19,385.

Mit Hilfe der gegebenen Formel lässt sich die Grösse der Fläche bestimmen, welche ein Drainstrang von bestimmtem Durchmesser und Gefälle zu entwässern im Stande ist.

Beispiel. Wird der anfängliche Durchmesser des Stranges gleich 0,03 m und das Gefälle gleich 0,5 % angenommen, so entwässert das Rohr eine Fläche

$$A = 0{,}272\ \sqrt{0{,}5} = 0{,}1920 \text{ ha}.$$

Erhält das Rohr einen Durchmesser von 0,05 m, so entwässert dasselbe bei gleichem Gefälle eine Fläche

$$A = 1{,}09\ \sqrt{0{,}5} = 0{,}7702 \text{ ha},$$

und bei einem Durchmesser von 0,08 m eine Fläche

$$A = 3{,}743\ \sqrt{0{,}5} = 2{,}6467 \text{ ha}.$$

Beträgt der Entfernung der Drainstränge unter einander 20 m, so würde die Länge L der Röhren von 0,03 m Weite sich berechnen durch die Beziehung

$$20\ L = 1920 \text{ qm};$$

demnach ist

$$L = 96 \text{ m}.$$

Auf einer Fläche, welche mit Saugdrains von einer grösseren Länge als 96 m belegt wird, kann also unter den angeführten Voraussetzungen, betreffend das Gefälle und die Entfernung der Drains von einander, die erste Strecke bis 96 m Länge mit Röhren von 0,03 m Weite gelegt werden. Hierauf würden solche der nächst grösseren Nummer folgen, also in der Regel von 0,05 m Weite. Für diese wird nach unserem Beispiele die zulässige Länge

$$\frac{7702}{20} = 385,1 \text{ m}$$

betragen. Es wird mithin die folgende Strecke von 385,1 — 96 = 289,1 m mit Röhren von 0,05 m Durchmesser gelegt werden müssen.

Eine grössere Länge wird man dem Saugstrange in der Regel nicht geben; sollte dies dennoch der Fall sein, so würden Röhren von 0,08 m Weite folgen, welche unter dem angegebenen Gefällsverhältnisse eine zulässige Länge von

$$\frac{26467}{20} = 1323,3 \text{ m}$$

erhalten können.

Von dieser Gesammtlänge würde die oberste Strecke von 385,1 m Länge mit den Röhren von 0,03 und 0,05 m Weite belegt werden, so dass für die Röhren von 0,08 m eine Strecke von 1323,3 — 385,1 = 938,2 m bleibt. Der ganze Strang würde sich demnach wie folgt zusammensetzen:

Strecke	I	Röhren von	0,03 m	Lichtweite	96,0 m lang,
„	II	„ „	0,05 „	„	289,1 „ „
„	III	„ „	0,08 „	„	938,2 „ „
				Gesammtlänge	1323,3 m.

In Fig. 221 ist das berechnete Resultat dargestellt. *i m*, *i m* sind die Saugstränge, *m m* der Sammeldrain. *a g* und *b h* sind die Wasserscheiden für einen Saugstrang in der Entfernung von 20 m, gleich dem Abstande der Drains von einander. Die obere Strecke *i k* des Saugdrains entwässert die Fläche *a b c d* = 20 × 96 m oder 1920 qm. Die Strecke *i l* der Saugdrains entwässert eine Fläche von 385,1 × 20 m = 7702 qm und der ganze Strang eine Fläche von 1323,3 × 20 m = 26 467 qm.

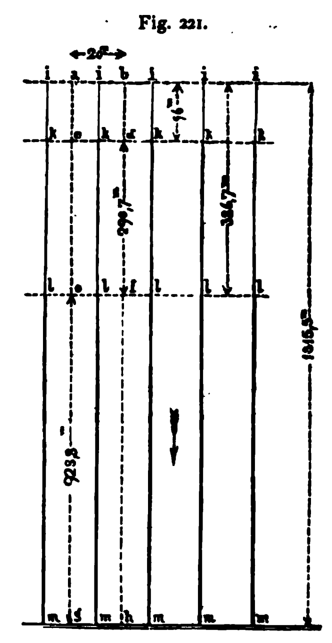
Es sei noch einmal hervorgehoben, dass man in der Regel zu den Saugdrains nur Röhren bis 0,05 m Weite verwendet; man zieht es der Kosten wegen vor, anstatt an diese weitere Röhren anzusetzen, das System durch einen Sammeldrain abzuschliessen und den unteren Theil der Fläche mittelst eines besonderen Drainsystemes zu entwässern.

Nach der hier geschilderten Methode sind die Stellen aufzusuchen, an welchen die Röhren von grösserem Caliber in Anwendung gebracht werden müssen. Berücksichtigt man dies nicht und setzt den Strang über die zulässige Länge in der ursprünglichen Weite fort, so tritt jedesmal, wenn die zu Grunde gelegte Wassermenge gefördert werden soll, der Fall ein, dass das Rohr nicht im Stande ist, das zufliessende Wasser weiter zu führen. Die Folge hiervon würde sein, dass letzteres durch den hydrostatischen Druck aus den Stossfugen gepresst wird, in die Höhe

steigt und dass das Rohr, anstatt den Boden trocken zu legen, denselben an dieser Stelle versumpft. Die Wichtigkeit der Berechnung des Röhrencalibers, namentlich bei schwachem Gefälle und grosser Länge der Stränge, muss hiernach einleuchten.

Der erfahrene Draintechniker wird nur in anomalen Fällen die Abmessungen durch Rechnung bestimmen und für die einfachen und in der Regel vorkommenden Lagen der Drainstränge keiner Formel bedürfen. Für den Anfänger ist es aber dringend gerathen, überall da, wo er nicht,

Fig. 221.



Grösse der von den einzelnen Drains entwässerten Fläche.

wie bei sehr starkem Gefälle und grosser Weite der Röhren, unbedingt auf die richtige Leitungsfähigkeit des Rohres schliessen kann, sich durch Berechnung nach der geschilderten Methode von der correcten Anlage zu versichern. Namentlich ist dies erforderlich, wenn das Gefälle wechselt und demnach die Geschwindigkeit sich ändert. In diesem Falle ist eine Berechnung der Leitungsfähigkeit des Rohres in seinen verschiedenen Strecken mit Rücksicht auf die im ersten Abschnitte Seite 106 entwickelten Gesichtspunkte vorzunehmen.

Die Weite der Sammeldrains wird gleichfalls nach der angegebenen Formel berechnet. Mit der Zahl der einmündenden Saugdrains nimmt die Weite der Sammeldrains zu und sind die Punkte genau zu ermitteln, an welchen eine Erweiterung des Stranges nothwendig wird.

Beispiel. Angenommen, es münden in einen Sammeldrain 10 Saugdrains von 400 m Länge und 15 m Entfernung, so dass die durch das System entwässerte Fläche 6 ha beträgt und es sei das dem Sammeldrain zu gebende Gefälle am obersten Ende bis zur Einmündung des Saugdrains Nr. 2 0,15 %, alsdann 0,1 %, so ist zu untersuchen, welchen Durchmesser der Sammeldrain erhalten muss.

Ein Drain von 0,08 m Weite entwässert bei dem angegebenen Gefälle eine Fläche

$$A = 3{,}743 \sqrt{0{,}15} = 1{,}4496 \text{ ha},$$

ein Drain von 0,10 m eine Fläche

$$A = 6{,}778 \sqrt{0{,}1} = 2{,}1418 \text{ ha},$$

ein Drain von 0,13 m eine Fläche

$$A = 13{,}35 \sqrt{0{,}1} = 4{,}2186 \text{ ha}$$

und ein Drain von 0,15 m eine Fläche

$$A = 19{,}385 \sqrt{0{,}1} = 6{,}1256 \text{ ha}.$$

Danach ergiebt sich, dass der Sammeldrain bis zur Einmündung des Saugdrains Nr. 2 aus Röhren von 0,08 m, von dort bis zur Einmündung des Saugdrains Nr. 3 mit Röhren von 0,10 m, hierauf bis zur Einmündung des Saugdrains Nr. 7 mit Röhren von 0,13 m und von dort bis zum Ende mit solchen von 0,15 m herzustellen ist.

In den folgenden Tabellen (Seite 395 und 396) sind die zulässigen Längen der Rohrstränge von 0,03 und 0,05 m Lichtweite bei verschiedener Entfernung und den in der Praxis zumeist vorkommenden Gefällsverhältnissen angegeben.

Aus der zweiten Tabelle für Röhren von 0,05 m Lichtweite ist zu ersehen, dass dieselben fast immer ausreichen und dass somit die Saugdrains in der Regel kein stärkeres Caliber als 0,05 m zu erhalten brauchen.

Tabelle über die zulässige Länge der Drainstränge von 0,03 m Lichtweite.

$(A = 0{,}272\ \sqrt{h})$.

Entfernung der Drainstränge.	Bei einem Gefälle von																	
	10%	9%	8%	7%	6%	5%	4%	3%	2%	1,5%	1%	0,75%	0,5%	0,4%	0,3%	0,25%	0,2%	0,15%
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
10	860	816	769	720	666	608	544	470	384	333	272	235	192	172	149	136	122	105
12	716	680	641	600	555	506	453	392	320	278	227	196	160	143	125	114	101	87
14	614	583	549	514	476	434	388	336	274	238	195	168	137	123	107	97	87	75
16	537	510	480	450	416	380	340	293	240	208	170	147	120	107	93	85	76	65
18	477	453	427	400	370	338	302	261	213	185	151	131	107	96	83	76	68	58
20	430	468	384	360	333	304	272	235	192	167	136	118	96	86	75	68	61	52
22	391	371	349	327	303	276	247	213	174	152	124	107	87	78	68	62	55	47
24	358	340	320	300	277	253	226	196	160	139	114	98	80	72	62	57	51	44
26	331	314	296	277	256	234	209	180	148	128	105	91	74	66	57	52	47	40
28	307	291	274	257	238	217	194	168	137	119	97	84	69	61	53	49	43	37
30	286	272	256	240	222	203	181	156	128	111	91	78	64	57	50	46	41	35
32	268	255	240	225	208	190	170	146	120	104	85	73	60	54	47	43	38	32
34	253	240	226	212	196	178	160	138	113	98	80	69	56	51	44	40	36	30
36	238	227	213	200	185	169	151	130	107	93	76	65	53	48	42	38	34	29
38	226	215	202	189	175	160	143	123	101	88	72	62	50	45	39	36	32	27
40	215	204	192	180	166	152	136	117	96	83	68	59	48	43	37	34	30	26

Tabelle für die zulässige Länge der Drainstränge von 0.05 Meter Lichtweite.

$(A = 1{,}09\sqrt{h})$.

Entfernung der Drainstränge.	Bei einem Gefälle von																	
	10 %	9 %	8 %	7 %	6 %	5 %	4 %	3 %	2 %	1,5 %	1 %	0,75 %	0,5 %	0,4 %	0,3 %	0,25 %	0,2 %	0,15 %
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
10	3444	3270	3082	2884	2670	2437	2180	1888	1541	1335	1090	944	770	689	597	545	487	422
12	2870	2720	2568	2403	2225	2030	1817	1573	1284	1112	908	786	641	574	497	454	405	351
14	2460	2356	2201	2060	1907	1740	1557	1348	1100	953	778	674	550	492	426	389	348	301
16	2150	2044	1926	1802	1668	1523	1362	1180	963	834	681	590	481	430	373	340	304	263
18	1910	1817	1712	1602	1482	1354	1212	1048	856	740	604	524	426	382	320	302	270	234
20	1722	1635	1541	1441	1335	1218	1090	944	770	667	545	472	385	344	298	272	243	211
22	1565	1486	1401	1311	1214	1108	991	854	700	606	495	429	350	313	271	247	221	191
24	1435	1360	1289	1201	1112	1015	908	786	642	556	454	393	320	287	248	227	202	175
26	1325	1258	1185	1109	1027	937	837	726	593	513	419	363	296	265	229	209	187	162
28	1230	1178	1100	1030	953	870	778	674	550	476	389	337	275	246	213	194	174	150
30	1146	1090	1027	961	890	812	726	629	514	445	363	314	256	229	199	181	162	140
32	1075	1022	963	901	834	761	681	590	481	417	340	295	240	215	186	170	152	131
34	1013	962	906	848	785	717	641	555	453	392	320	277	226	202	175	160	143	124
36	955	908	856	801	742	677	606	524	428	370	302	262	213	191	165	151	135	117
38	906	860	811	759	703	641	574	497	405	351	286	248	202	178	157	143	128	111
40	861	817	770	721	668	609	545	472	385	334	272	236	192	172	149	136	121	105

Minimalgefälle. Handelt es sich darum, einen Strang mit sehr schwachem Gefälle zu führen, z. B. bei geringer Vorfluth, in welchem Falle die Geschwindigkeit des Wassers sehr niedrig ausfällt, so steht zu befürchten, dass bald Verstopfungen des Rohres durch eingedrungenen Sand oder durch Niederschläge, welche sich aus dem Wasser ausscheiden, wie z. B. von Eisenoxydhydrat, eintreten werden.

Es ist zunächst darauf hinzuweisen, dass bei der principiellen Anordnung der Drainstränge, welche, aus einzelnen kurzen Stücken bestehend, stumpf an einander gelegt werden, ein Eindringen von Sand durch die Stossfugen niemals vollständig verhütet werden kann. Namentlich wird ein Mitreissen einzelner Sandtheilchen mit dem Wasser sich an Stellen zeigen, an welchen die Stossfugen etwas weit auseinander stehen, oder in der ersten Zeit des Functionirens einer Drainanlage, wenn die Röhren durch Triebsandschichten gelegt werden mussten.

Das Eindringen von Sand oder Niederschläge in den Röhren können aber nur in dem Falle schädlich wirken, d. h. Verstopfungen herbeiführen, dass das Wasser nicht die erforderliche Kraft, also die Geschwindigkeit besitzt, um die festen Körper auf der schiefen Ebene der Röhrensohle fortzuschlämmen und schliesslich aus dem Drainsysteme hinauszuführen. Ferner ist bei der Anlage des gesammten Röhrensystemes darauf zu achten, dass nirgends ein Festsetzen von Sand u. s. w. ermöglicht werde; namentlich sind die Verbindungsstellen der Saug- und Sammeldrains oder Krümmungen die in dieser Hinsicht gefährlichsten Punkte der Anlage. Auch das Senken einzelner Röhren bei unsicherem Auflager giebt zumeist Veranlassung zur Verzögerung der Bewegung des Wassers und zum Versanden derselben.

Vincent sowohl wie Möllendorff*) stellten den Grundsatz auf, dass das in den Röhren fliessende Wasser zum Mindesten eine Geschwindigkeit von 0,15 m pro Secunde besitzen muss, wenn die lebendige Kraft desselben im Stande sein soll, das Fortschwemmen des eingedrungenen Sandes und der etwa aus dem Wasser sich bildenden Niederschläge zu bewirken. Giebt man dem Wasser eine geringere Geschwindigkeit, den Röhrensträngen also ein Gefälle und eine Disposition, aus welchen eine geringere Geschwindigkeit resultirt, so werden immer wieder, namentlich wenn einzelne Röhrenzüge durch Triebsand gelegt werden mussten, Verstopfungen eintreten und es wird das Aufnehmen und Ausräumen einzelner Leitungen häufig wiederholt werden müssen. Zur vollkommenen Sicherheit möchte es sich jedoch empfehlen, die Minimalgeschwindigkeit auf 0,20 m festzusetzen, da nur in diesem Falle, selbst wenn die Röhren nur theilweise vom Wasser angefüllt sind, ein Absetzen der mitgeführten Stoffe zuverlässig verhütet werden kann.

---

*) Zeitschrift für die deutsche Drainirung, herausgegeben von Dr. E. John, IV. Jahrgang, Seite 83; Berlin 1855.

Zur Ermittlung des Minimalgefälles der Röhrenstränge von verschiedenem Durchmesser benutzen wir die Formel (Seite 104)

$$h = \frac{v^2\ b^2\ (l + 50\ d)}{644{,}5\ d\ a^2}.$$

Setzen wir $d = 0{,}03$, $\frac{a}{b} = \frac{2}{3}$ und $l = 100$, so erhalten wir

$$h = \frac{0{,}20\ .\ 0{,}20\ .\ 9\ .\ (100 + 50\ .\ 0{,}03)}{644{,}5\ .\ 0{,}03\ .\ 4} = 0{,}47\ \text{m}$$

als procentisches Minimalgefälle eines Drainstranges von 0,03 m Durchmesser. In der nämlichen Weise ist das geringste zulässige Gefälle der folgenden Röhrenweiten bestimmt:

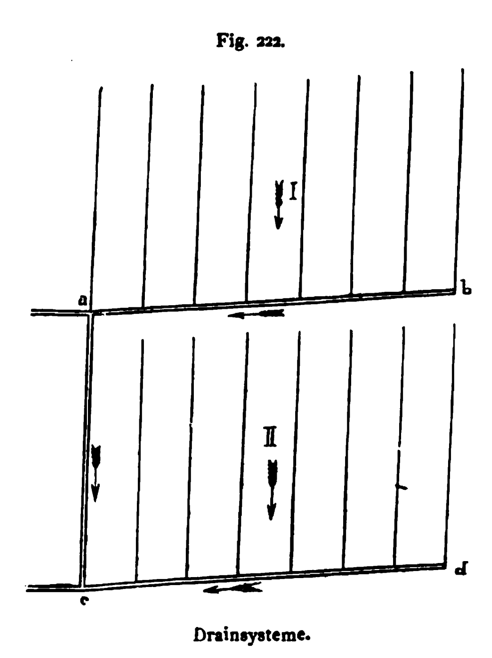
Durchmesser des Drainstranges . . . . m	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15
Procentisches Minimalgefälle . . . . . m	0,47	0,23	0,13	0,09	0,07	0,06

d. Die Drainsysteme.

Sind die zu drainirenden Flächen eben und gleichmässig nach dem Vorfluthgraben abfallend, so ist die Absteckung des Drainsystemes übereinstimmend mit der in Fig. 215 (Seite 376) dargestellten Anordnung. Man tracirt zunächst den Sammeldrain in der tiefsten Lage und leitet die Saugstränge im stärksten Gefälle in diesen ein. Wird hierbei die Länge der Saugdrains eine derartig beträchtliche, dass diese oder der das Wasser aufnehmende Sammeldrain nicht im Stande sind, dasselbe ohne Stauung in den Vorfluthgraben zu führen, so zerlegt man das Drainnetz in zwei oder mehrere Systeme nach der in Fig. 222 dargestellten Anordnung. *a b* ist der Sammeldrain des oberen Systemes I, *c d* der des Systemes II; der Sammeldrain *a c* führt das Wasser des oberen Systemes in den unteren Sammeldrain. Liegt das Gefälle in der Richtung des Pfeiles bezw. der Saugdrains, so können die Sammeldrains nicht in der Horizontalen gelegt werden, weil sie sonst nicht den hinlänglichen Fall erhalten würden. Man ermittelt das Minimalgefälle nach der eben gegebenen Tabelle und sucht, wenn die Anfangspunkte *b* und *d* festgesetzt sind, mit Hilfe des Nivellirinstrumentes die tiefer liegenden Punkte *a* und *c* auf, welche den Sammeldrains für die bestimmte Länge *a b* und *c d* das erforderliche Gefälle geben. Die Saugdrains des Systemes II endigen in einem Abstande gleich der Entfernung der Saugdrains unter einander von *a b*.

Diese Anordnung gestattet mannigfaltige Variationen; ist die zu entwässernde Fläche sehr breit, so können die Sammeldrains beliebig verlängert werden; es ist jedoch nicht erforderlich, dass alles Wasser schliesslich in einen einzigen Sammeldrain vereinigt wird. Bei beträchtlicher Länge müsste derselbe eine derartige Weite erhalten, dass die Kosten zu erheblich ausfallen würden. In diesem Falle ist es vorzuziehen, mehrere Ausläufe in dem Vorfluthgraben anzuordnen. Es lässt sich jedoch hierüber keine allgemein gültige Regel ohne Berücksichtigung der jedesmaligen localen Verhältnisse aufstellen.

Fig. 222.



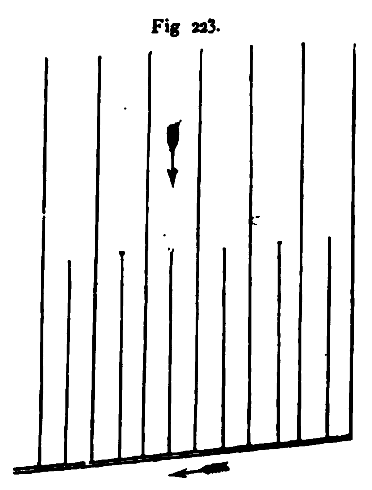
Drainsysteme.

Häufig ist man genöthigt, die Saugdrains am unteren Ende flacher zu legen als oben, namentlich in Folge zu geringer Vorfluth. In diesem Falle sollte man niemals, wie dies bereits Seite 384 erwähnt wurde, die Ausmündung des letzten Sammeldrains unter den Normalwasserstand im Vorfluthgraben legen; man sucht vielmehr den jetzt entstehenden Uebelstand der geringeren Wirksamkeit der Saugdrains nach beiden Seiten hin durch ein näheres Aneinanderlegen derselben auszugleichen. Ist die Lage im unteren Theile eine besonders flache, so legt man zwischen je zwei Strängen einen kurzen Saugdrain ein, wie Fig. 223 zeigt, oder man theilt, wenn jetzt die Entfernung zu gering, demnach die Kosten zu hoch ausfallen würden, vielleicht auch die von oben kommenden Saugdrains bereits eine beträchtliche Länge haben, das Terrain in zwei Systeme nach der Fig. 224 dargestellten Anordnung, wobei man in der Lage ist, die

Entfernung der Saugdrais im Systeme II ganz mit Rücksicht auf das Bedürfniss und unabhängig von der Entfernung derselben im Systeme I zu bestimmen.

Bei unebenem Terrain sucht man so viel wie möglich den Grundsatz festzuhalten, dass die Saugdrains in der Richtung des stärksten Gefälles und parallel zu einander gelegt werden sollen. Es lässt sich dies jedoch nur in dem Falle einigermassen erreichen, dass die Anlage in eine mehr oder minder beträchtliche Anzahl einzelner Systeme zerlegt wird, bei welchen die Sammeldrains die Thalwege verfolgen und sich schliess-

Fig 223.



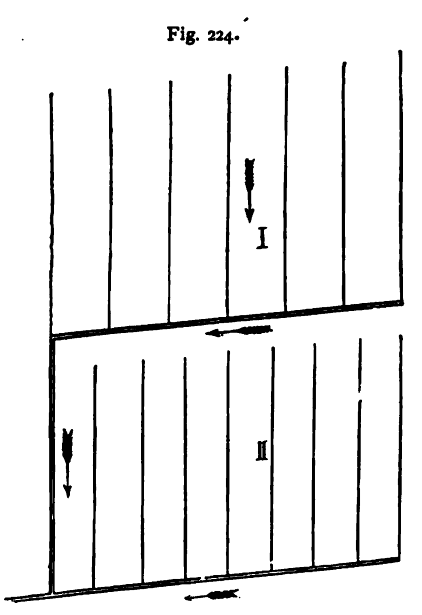
Drainsystem mit Einschaltung kurzer Saugdrains.

lich in angemessener Weise zu Systemen höherer Ordnung vereinigen, soweit sie einen gemeinschaftlichen Auslauf erhalten können. Ist das Terrain nach verschiedenen Richtungen hin abfallend, so kann eine correcte und ökonomische Drainirung nur mit Zugrundelegung einer Anzahl in entsprechenden Abständen übereinander abgesteckter Horizontallinien erfolgen. Die Projectirung beginnt demnach mit dem Aufsuchen und Abstecken derselben auf dem Felde. Ob die Absteckung des Drainnetzes unmittelbar hier oder zunächst auf dem Papiere erfolgen soll, hängt von einer Reihe von Umständen ab, welche in dem folgenden Capitel besprochen werden sollen. Erfahrene Practiker projectiren die Drainanlage häufig unmittelbar auf dem Felde und übertragen die fertige Anlage, falls dies erforderlich sein sollte, auf das Papier.

Bilden die Horizontallinien mehr oder minder stark gekrümmte Curven, so können die Grundregeln für die Lage der Saugdrains niemals vollständig eingehalten werden; es gilt jetzt das Prinzip, dass man sich mit dem Drainnetze so vollkommen wie möglich den Terrainverhältnissen accommodirt und selbst kleinere Erhöhungen oder Vertiefungen berück-

sichtigt, weil man andernfalls eine oft zu tiefe oder flache Lage der Drains erhält. Nur darf dies nicht so weit getrieben werden, dass man ein schwach wellenförmiges Terrain, wie es z. B. in Fig. 225 durch die Horizontallinien *a b* und *c d* ausgedrückt ist, in verschiedene Systeme zerlegt. Hier sucht man zunächst Mittellinien auf, welche die Durchschnittsrichtung der Horizontallinien darstellen und projectirt rechtwinklig auf diese die Saugdrains. Aehnlich würde man in dem Fig. 226 dargestellten Falle verfahren, wo zwei unter einander gelegene Horizontal-

Fig. 224.



Drainsystem mit verminderter Entfernung der Saugdrains am unteren Theile.

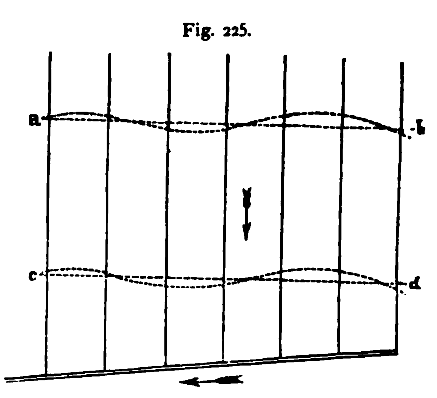
linien *a b* und *c d* schwach divergiren. Hier hat man zwischen denselben eine Linie *e f* abzustecken, welche die Durchschnittsrichtung von *a b* und *c d* darstellt und rechtwinklig auf diese die Saugdrains zu projectiren.

Ist die Krümmung der Horizontalen derartig beträchtlich, dass sich keine gerade Linie finden lässt, welche die mittlere Richtung ausdrückt (Fig. 227), so setzt man die dem Systeme zu Grunde zu legenden Horizontallinien aus zwei oder mehreren Graden *a b*, *b c* zusammen und legt durch den Schnittpunkt den Sammeldrain *d e*, welcher sich mit den Sammeldrains *f e* und *e g* bei *e* vereinigt. Alsdann tracirt man die Saugdrains rechtwinklig zu *a b* und *b c*, so dass dieselben zum Theil in den Sammeldrain *d e* einmünden.

Bildet das Terrain eine Schlucht von der in Fig. 228 dargestellten Gestalt, so legt man den Sammeldrain *a b* durch die Mitte derselben und

projectirt die Saugdrains von beiden Seiten in denselben hinein. Hierbei ist darauf zu achten, dass niemals zwei von den gegenüberliegenden Seiten herabkommende Saugdrains an der nämlichen Stelle auf den

Fig. 225.

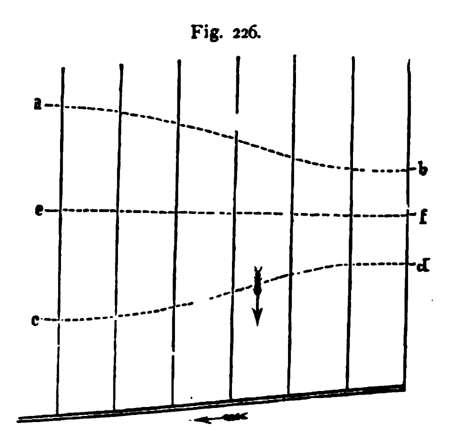


Drainsystem auf schwach wellenförmigem Terrain.

Sammeldrain treffen, weil sich in diesem Falle die Verbindung der Saugdrains mit dem Sammeldrain nicht gut herstellen lässt.

Ist das Terrain rückenförmig gestaltet (Fig. 229), so geschieht die Bildung des Drainsystemes durch die beiden Sammeldrains *a b* und *c b*,

Fig. 226.

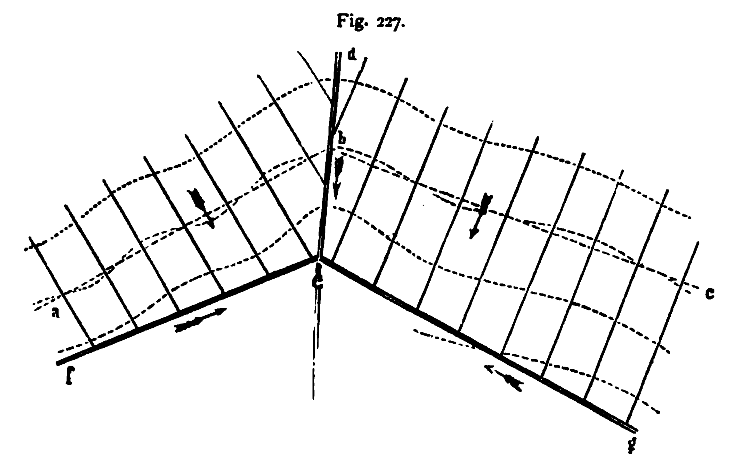


Drainsystem auf coupirtem Terrain.

welche beide nach dem Vereinigungspunkte *b* hin Fall erhalten, und durch die Fortsetzung derselben *b d*. Die Saugdrains erhalten an der Wasserscheide eine derartige Länge, dass der Abstand ihrer Enden etwas geringer als die normale Entfernung der Saugdrains unter einander wird.

Soll ein Terrain drainirt werden, welches von der Mitte aus allseitig ansteigt, z. B. ein ehemaliger Landsee, Fig. 230, so ist die Entwässerung

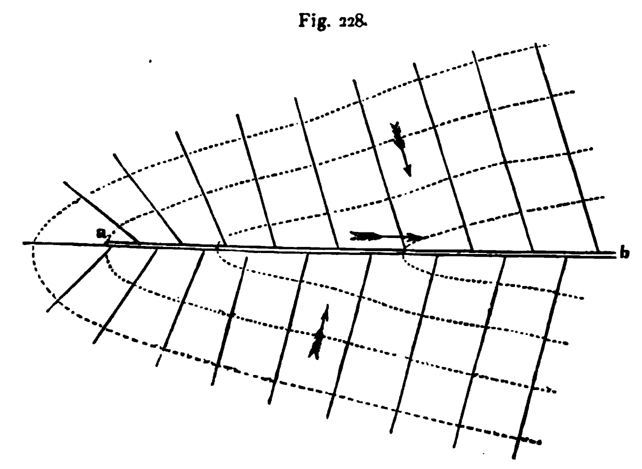
Fig. 227.



Drainsystem auf coupirtem Terrain.

nur möglich, wenn dem in dem Thalwege anzulegenden Sammeldrain *a b* die Vorfluth geschafft werden kann. Hier werden die Saugdrains stark

Fig. 228.



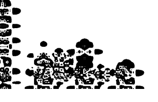
Drainsystem auf coupirtem Terrain.

divergiren und unten enger an einander liegen als oben. Man kann in diesem Falle kurze Saugdrains an geeigneter Stelle einlegen oder dieselben an ihrem oberen Ende tiefer, unten dagegen flacher legen.

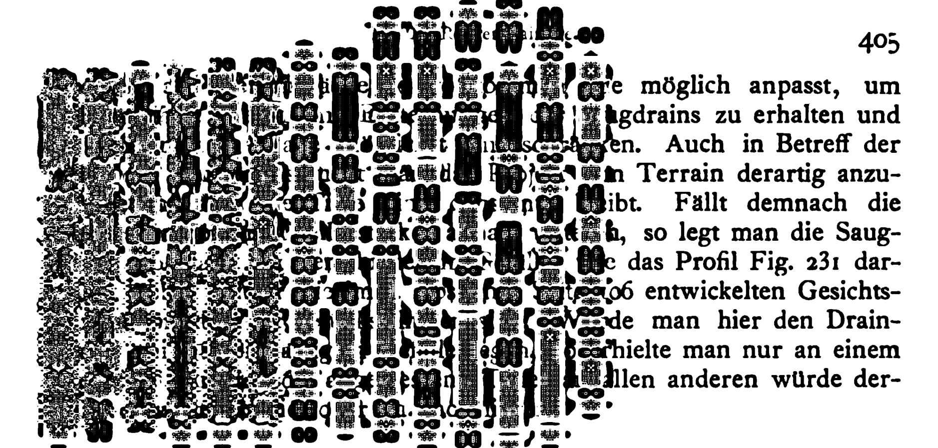
...hältnissen am besten. Beide

...Terrain.

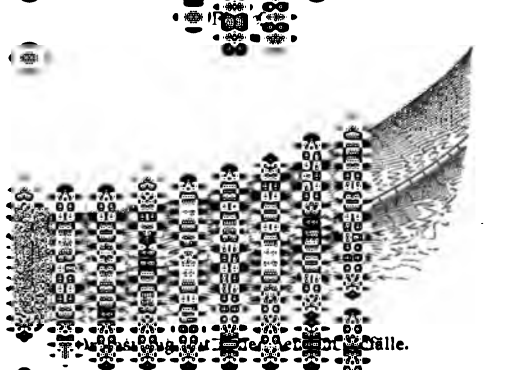
...Terrain.



... ist zu verfahren, wenn das ...; stets ist dabei der Grundsatz ...en mannigfaltig wechselnden



...e möglich anpasst, um
...ugdrains zu erhalten und
...en. Auch in Betreff der
...n Terrain derartig anzu-
...ibt. Fällt demnach die
...h, so legt man die Saug-
...e das Profil Fig. 231 dar-
...06 entwickelten Gesichts-
...de man hier den Drain-
...hielte man nur an einem
...llen anderen würde der-



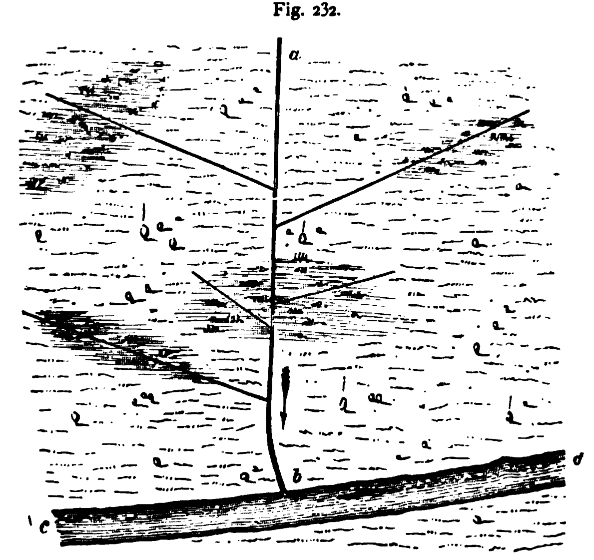
...älle.

...erfahren der Drainirung,
...llkommen oder annähernd
...eldrainage, im Gegen-
...die Saugdrains von dem
...Stellen abzweigen. Diese
... wenn mittelst der Drai-
... werden soll. In diesem
...Sitz der Quelle direct
... nicht versumpfte Fläche
...hineingelegt werden. Ge-
...ersumpft, selbst wenn sich
...üssen demnach derartige
... zwar zu einer Zeit, wo
...end der practischen Aus-
...für dieselbe in der Regel,
... Feldbestellung, eine Ab-
...ählt.
...eldrains zur directen Ab-
...Sammeldrain, von welchem

sich nach den einzelnen Quellen Saugdrains abzweigen; der Sammel drain leitet das Wasser in den Vorfluthgraben *c d.*

Von Bäumen oder lebenden Zäunen muss jeder Drainstrang mindestens 6 bis 8 m entfernt bleiben; die Wurzeln der meisten Bäume gehen der Feuchtigkeit nach, dringen in die Röhren ein und bewirken so eine Verstopfung derselben. Namentlich gilt dies von Weiden, Pappeln und Eschen, welche, wenn sie nicht ausgerodet werden können, stets in dem angeführten Abstande umgangen werden müssen. In der Folge soll

Fig. 232.



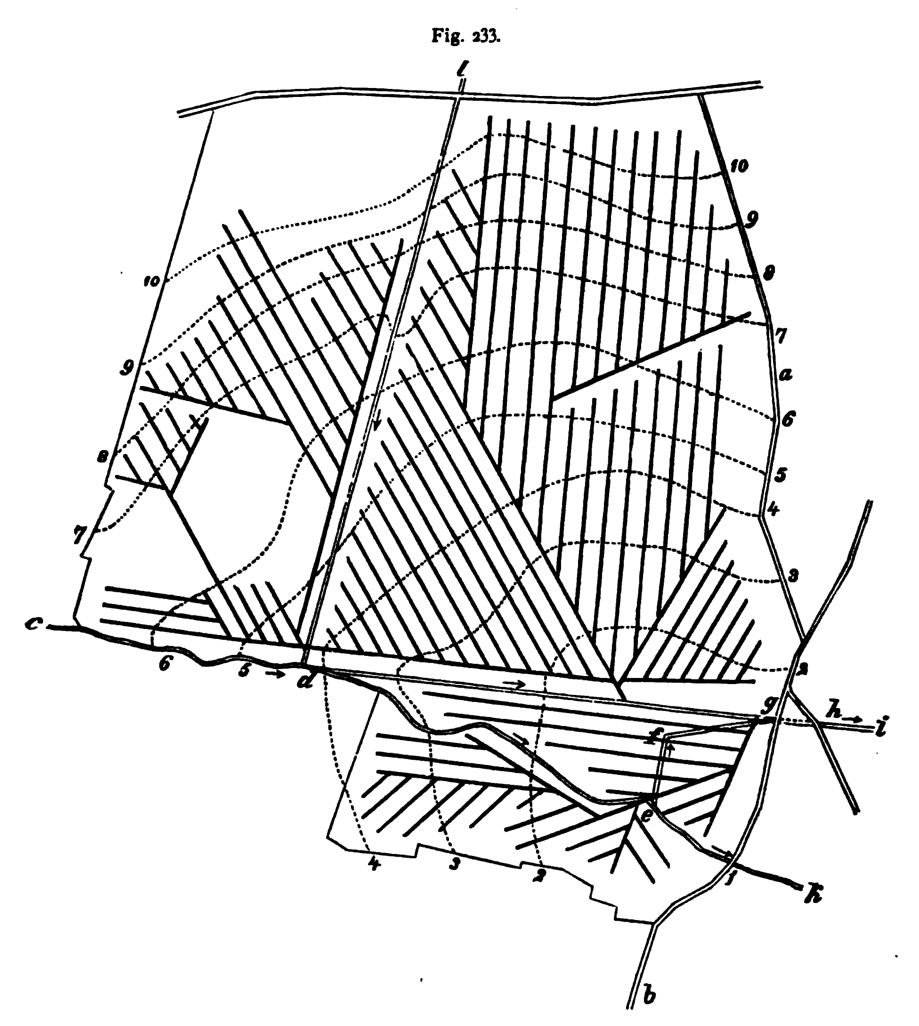
Drainirung von quelligem Boden.

noch auf die verschiedenen Mittel hingewiesen werden, durch welche man das Einwachsen der Wurzeln von Bäumen und anderen Gewächsen zu vermeiden sucht.

Es bleibt hier noch die Frage zu beantworten, in wie weit die offenen Gräben durch die Drainanlage cassirt werden können. Es wurde bereits Seite 358 angeführt, dass der grösste Theil der offenen Gräben durch die Röhrendrainage überflüssig wird; hiervon giebt es jedoch einige Ausnahmen. Zunächst können diejenigen Auffanggräben nicht durch Drainstränge ersetzt werden, welche die Aufgabe haben, in einem von Hängen eingeschlossenen Terrain zeitweilig grosse Mengen Tagewasser abzuführen. Die Kopfdrains leisten nur gute Dienste zur Ableitung von Grundwasser; Tagewasser, welches nach starken Niederschlägen oder beim Schmelzen des Schnees oft in beträchtlicher Menge von den Hangflächen herabfliesst, wird von denselben nicht schnell genug aufgenommen. Dasselbe würde demnach am Fusse des Hanges einen

See bilden, dessen natürliche Beseitigung zuweilen derartig langsam vor sich geht, dass hierdurch die Vegetation Schaden leidet. Es ist auch zu berücksichtigen, dass derartiges Wasser zeitweilig, namentlich nach

Fig. 233.

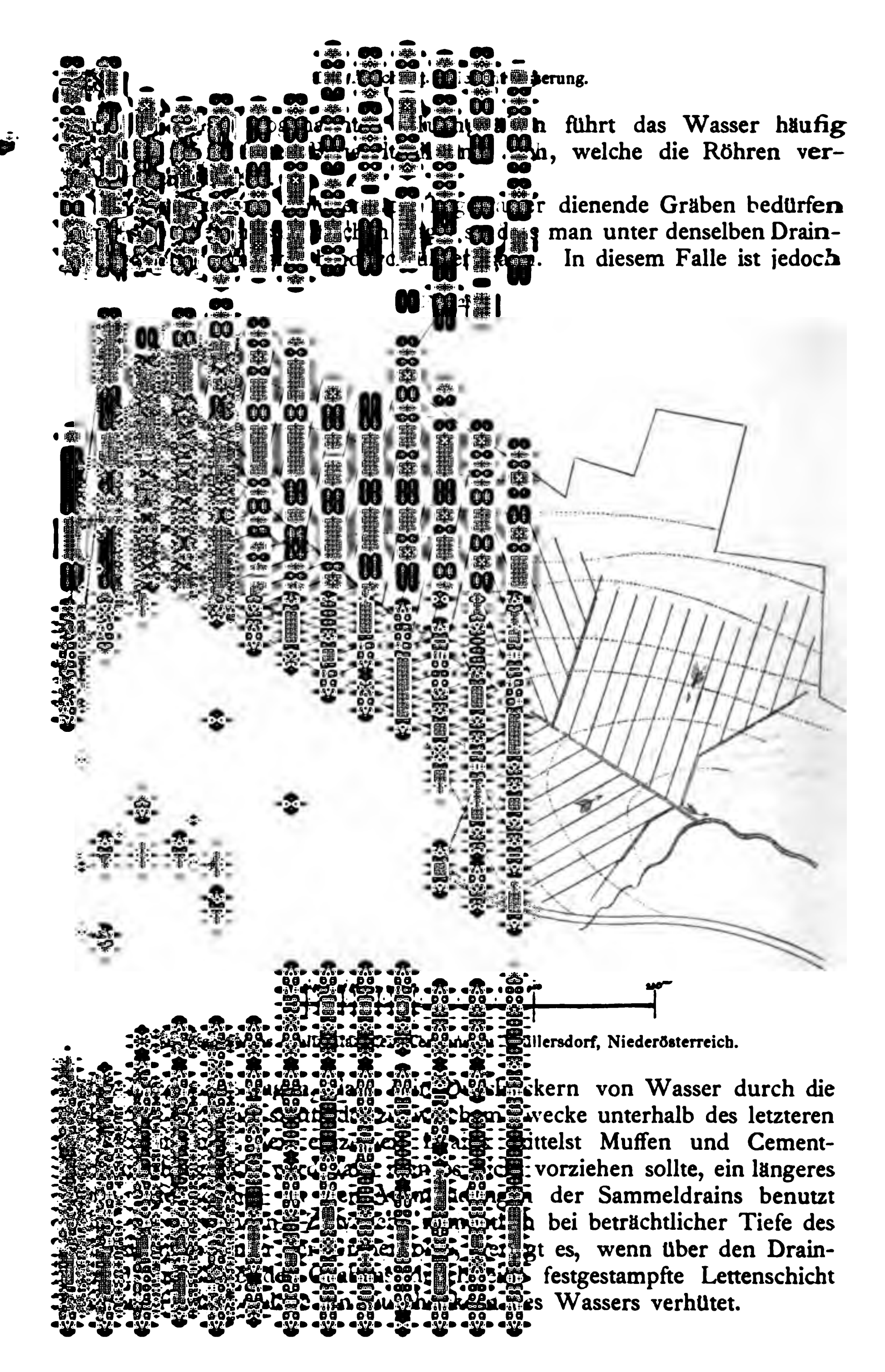


Drainage einer Fläche in der Gemeinde Brunn a. d. Wild in Niederösterreich.

starken Niederschlägen, viele erdigen und Schlammtheile mit sich führt, welche die Röhren in kürzester Zeit verstopfen würden.

In gleicher Weise lassen sich offene Gräben in der Regel nicht durch Drainstränge ersetzen, wenn dieselben, von höher gelegenen Flächen kommend, durch das zu drainirende Terrain geleitet werden müssen.

… führt das Wasser häufig … , welche die Röhren ver- … r dienende Gräben bedürfen … man unter denselben Drain- … . In diesem Falle ist jedoch



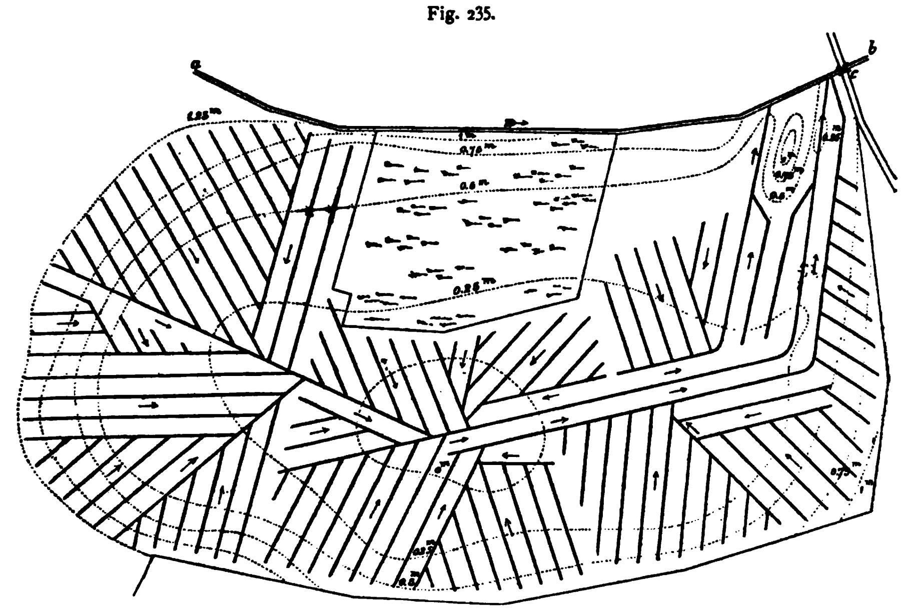
…llersdorf, Niederösterreich.

… kern von Wasser durch die … vecke unterhalb des letzteren … ttelst Muffen und Cement- … vorziehen sollte, ein längeres … der Sammeldrains benutzt … bei beträchtlicher Tiefe des … t es, wenn über den Drain- … festgestampfte Lettenschicht … es Wassers verhütet.

Beispiele aus der Praxis.

1) Fig. 233 zeigt die Drainage einer Fläche von 20 ha in der Gemeinde Brunn a. d. Wild in Niederösterreich. Die Fläche besteht aus 46 Parcellen, welche 20 Kleingrundbesitzern gehören; diese traten freiwillig zu einer Wassergenossenschaft im Sinne des bezüglichen Landesgesetzes zusammen. Die Oberflächen-Gestaltung ist aus den in Abständen von 1 m dargestellten Schichtenlinien zu ersehen. Der Complex ist im Norden von ziemlich steil ansteigenden Hängen begrenzt; derselbe bildet eine sich im Südosten allmählich verflachende Mulde, welche, durch den Wegdamm *b* abgegrenzt, früher als Teichbecken benutzt wurde. Dieser Teich wurde durch den Bach *c d e f g h i* gespeist,

Fig. 235.



Drainage eines beckenartigen Terrains zu Ober-Markersdorf, Niederösterreich.

welcher von *g* bis *h* durch einen sehr engen, gemauerten Canal floss. Bei starken Niederschlägen staute demnach das Wasser bis *g* und setzte das ganze Becken unter Wasser. Auch die Ableitung *c k* konnte dagegen keine Abhilfe schaffen.

Es wurde zunächst der Canal *g h* von ursprünglich 0,1 auf 0,4 qm erweitert und 1 m vertieft, der Bach in der Richtung *d g* geradegelegt, die Strecke *e f g* zugeschüttet und nachdem so eine angemessene Vorfluth hergestellt war, die Fläche drainirt, wie dies aus der Planskizze ersichtlich ist. Die in starken Linien dargestellten Drains liegen je nach der Bindigkeit des Bodens in 12 bis 15 m Entfernung, in den Wiesen 1 m, in den Aeckern 1,25 m tief; an den Kreuzungsstellen der Sammeldrains mit dem offenen Fluthgraben *l d* und dem Bache bis *e* wurden die Röhren durch Muffen mit Cementdichtung abgeschlossen.

2) Fig. 234 zeigt eine drainirte Fläche (zu Wullersdorf in Niederösterreich), deren schluchtartige Gestalt durch die in punktirten Linien eingezeichneten Schichtenlinien ersichtlich wird. Der Haupt-Sammeldrain liegt im Thalwege der Schlucht; die Saugdrains münden theils direct in denselben, theils in Sammeldrains zweiter Ordnung ein, welche das Wasser in den Hauptdrain leiten. Die Ableitung des Wassers in den Vorfluthgraben erfolgt am unteren Ende des letzteren. Die Skizze giebt nur den kleineren Theil einer sehr umfassenden Drainage.

3) Fig. 235, Drainage eines beckenartigen Terrains (zu Ober-Markersdorf in Niederösterreich) auf einer Fläche von 35 ha. Die Schichtenlinien sind in einem Verticalabstande von 0,25 m gezeichnet. Das Terrain steigt von der Mitte aus nach den Rändern sanft an. Die Drains leiten das Wasser zunächst, wie die Pfeile andeuten, nach dem tiefsten Punkte, von wo dasselbe durch die Sammeldrains in den Vorfluthgraben *a b* geführt wird. Derselbe musste bei der Brücke *c* um mehr als 1 m vertieft werden, um die Vorfluth zu geben.

4) Drainage zu Wolfsbach in Niederösterreich, Taf. I. auf 63 ha, genossenschaftliches Unternehmen von 45 Kleingrundbesitzern, 63 Parcellen. Die Gegend ist eine feuchte; der Boden besteht aus Verwitterungsproducten des Gneis und Schiefers; 1 bis 1,5 m unter der Oberfläche lagert eine für das Wasser nahezu undurchlassende Lehmschicht. Die Frühjahrsbestellung war vor der Drainirung in Folge des langen Winters auf einen sehr kurzen Zeitraum angewiesen. Die Schichtenlinien des Planes sind in 1 m Verticalabstand dargestellt. Das Terrain ist, wie ersichtlich, eine sehr coupirtes; die Gefällsverhältnisse wechseln zwischen 0,3 und 8 %. Die vorhandenen offenen Gräben boten den einzelnen Drainsystemen eine günstige Vorfluth dar; im Ganzen bestehen 14 offene Ausmündungen der Hauptdrains in die offenen Gräben. Die Entfernung der Paralleldrains beträgt durchweg 15 m, die Tiefe 1,25 m. Die Anlage besteht, wie aus dem Plane ersichtlich, aus 39 einzelnen Systemen. Im Ganzen kam folgende Stückzahl von Röhren in Verwendung: 0,04 m 113060 Stück, 0,05 m 36405 Stück, 0,08 m 9780 Stück, 0,10 m 2454 Stück, 0,13 m 1070 Stück, 0,15 m 215 Stück.

Diese Drainagen wurden sämmtlich vom Ingenieur Krisch in Wien ausgeführt.

e. Die practische Ausführung der Röhrendrainage.

1. Die Vorarbeiten.

Für umfassende Drainage sind die nachstehend aufgeführten Vorarbeiten erforderlich:

1. Bodenuntersuchungen. Die Untersuchung des Bodens erfolgt in der Weise, dass man Probelöcher von etwa 2 m Tiefe erstellt und sogleich beim Graben die Bodenbeschaffenheit und die Art des Wasserzuflusses untersucht. Späterhin, nachdem die Gruben mit Wasser gefüllt sind, ist eine derartige Untersuchung nicht mehr möglich. Besondere Aufmerksamkeit ist hierbei auf die Schichtungsverhältnisse des Bodens zu richten, da diese am besten über den Wasserzufluss, wenn derselbe

von Grundwasser herrührt, Aufschluss geben. Die geeignetste Zeit für diese Untersuchungen ist, wenn der Boden einen mittleren Feuchtigkeitsgrad besitzt; bei zu grosser Nässe würden die Probelöcher sofort mit Wasser gefüllt werden, wodurch eine gründliche Untersuchung verhindert wird. Immer ist es wünschenswerth, die Probelöcher bis auf den Grund der wasserführenden Schicht zu vertiefen, da man sonst bei dem wechselnden Stande des Grundwassers zu leicht Täuschungen ausgesetzt ist. Die Festsetzung der normalen Röhrentiefe erfolgt mit wesentlicher Zugrundelegung der so erhaltenen Resultate, wenn die Versumpfung von Grundwasser herrührt, da es, wie bereits hervorgehoben, zur wirksamen Abfangung desselben durchaus erforderlich ist, die Röhrenstränge in die wasserführenden Schichten hineinzulegen. Es ist aus diesem Grunde nöthig, die Probelöcher an verschiedenen Stellen, namentlich an den höchsten und niedrigsten Punkten des Terrains zu graben, weil man nur durch ein System solcher Beobachtungen ein vollständiges Bild von der Wasserführung im Boden erlangen kann.

Man bedient sich zu den Untersuchungen des Bodens auch des Erdbohrers; jedoch ist dies für unsere Zwecke nur zu empfehlen, um bereits erstellte Probelöcher von beträchtlicher Tiefe bis auf die wasserleitende Schicht hinabzuführen, falls diese beim Graben noch nicht erreicht ist. Im Uebrigen lässt sich die Schichtung des Bodens, welcher mittelst des Erdbohrers aufgeschlossen ist, oft nicht scharf erkennen, da der Bohrer die Erdmassen zerreisst und mischt, so dass die Mächtigkeit der einzelnen Schichten nicht deutlich hervortritt.

Die Untersuchung hat sich auch auf das etwaige Vorkommen von absorbirenden Schichten zu erstrecken, da diese zuweilen zur Aufnahme des gesammelten Wassers geeignet sind.

2. Ermittlung der Ursachen der Versumpfung. In den meisten Fällen wird es keiner speciellen Untersuchung bedürfen, um die Ursache der stauenden Nässe festzustellen, da diese dem Besitzer des Grundstückes in der Regel vollkommen bekannt ist. Zu ermitteln ist aber, in welcher Tiefe etwaiges den Boden versumpfendes Grundwasser vorkommt, welchen Schwankungen dasselbe ausgesetzt ist und in welcher Richtung sich das Grundwasser bewegt. Ferner ist die Menge und periodische Vertheilung der Niederschläge, die vorherrschende Form derselben (Regen und Schnee) festzustellen, auch sind die in dem Gebiete vorkommenden ausserordentlichen Niederschläge zu erforschen. Diese Untersuchungen haben den Zweck, die angemessene Capacität der vorhandenen bezw. der zu erstellenden offenen Gräben zu ermitteln sowie zu untersuchen, ob die der Bemessung der Röhrenweite zu Grunde gelegte Einheitsziffer der abzuführenden Wassermenge (vergl. Seite 390) für den vorliegenden Fall genügt. Für letztere Untersuchung sind auch die Zeiten der Schneeschmelze und der Frühjahrsbestellung in Rücksicht zu ziehen.

3. Untersuchung der Vorfluthverhältnisse. Nachdem der geeignete Recipient zur Aufnahme des durch die Drains angesammelten

Wassers ermittelt wurde, sind die verschiedenen Wasserstände desselben, namentlich der durchschnittliche und der höchste Stand, festzustellen; es ist zu untersuchen, ob die Abwässerung durch angemessen tief liegende Drains bei allen oder nur bei bestimmten Wasserständen erfolgen kann; in letzterem Falle, wie lange die höheren, die Abwässerung hindernden Wasserstände dauern und wie weit sich in Folge derselben der Rückstau erstreckt. (Vergl. Fig. 220). Ferner ist bei ungünstiger Vorfluth zu untersuchen, in welcher Weise dieselbe verbessert werden kann, ob z. B. durch Vertiefung oder Geradlegung der vorhandenen Gräben oder durch Einleitung der Drains an einer weiter abwärts gelegenen Stelle.

Auch muss untersucht werden, ob der Vorfluthgraben im Stande ist, das gesammte Drainwasser ohne schädlichen Rückstau und, ohne Ueberschwemmungen tiefer gelegener Flächen zu verursachen, abzuführen.

Hieran kann sich sogleich die Prüfung der Frage schliessen, ob das abgeleitete Drainwasser nicht zweckmässig zur rationellen Bewässerung tiefer gelegener Grundstücke verwendet werden kann.

4) Vermessungen. Eine vollständige Aufnahme der zu drainirenden Fläche ist nur in dem Falle erforderlich, dass es sich um die Ausführung einer genossenschaftlichen Melioration handelt, bei welcher genaue Voranschläge anzufertigen sind und die Kosten nach Massgabe der Grösse der einzelnen Besitzungen unter den Interessenten vertheilt werden. In den meisten sonstigen Fällen, namentlich bei kleineren Anlagen, würde die Anfertigung genauer Specialpläne die Gesammtkosten zu erheblich vertheuern, so dass man sich zumeist mit den nothwendigsten Nivellements und bei coupirtem Terrain dem Abstecken einer Anzahl besonders drastischer Horizontalcurven begnügt. Nachdem die Arbeit auf dem Felde ausgeführt ist, empfiehlt es sich jedoch immer, eine Messtisch- oder Theodolitaufnahme der gefundenen Linien zu fertigen, die als Unterlage für die Planskizze und die Kostenberechnung dienen kann.

Bei genauen Aufnahmen, wie sie in dem zuerst erwähnten Falle und auch sonst bei complicirteren und umfangreicheren Arbeiten nothwendig sind, wird die Arbeit wesentlich erleichtert, wenn bereits Flurkarten vorhanden sind, in welche nur die Höhenunterschiede der einzelnen Punkte nachzutragen sind. Zur Feststellung dieser letzteren vermisst man entweder Horizontalcurven, welche direct auf dem Terrain abgesteckt und alsdann aufgenommen werden oder man legt ein nivellistisches Netz über das Terrain und construirt mit Zugrundelegung desselben die Horizontalcurven.*)

*) Auf die bezüglichen Methoden der Terrainaufnahme sowie die dazu dienenden Instrumente kann hier nicht näher eingegangen werden. Für Landwirthe und jüngere Techniker ist es rathsam, nachdem sie einige practische Anleitung über die Benutzung der Instrumente erhalten haben, die Specialmethoden der verschiedenen Aufnahmen in einem guten Werke der Geodäsie, z. B. in den Elementen der Vermessungskunde von Bauernfeind, 6. Auflage; Stuttgart 1879, zu studiren.

Instrumente zur Vermessung. Der Draintechniker, welcher genauere Terrainaufnahmen machen muss, bedient sich hierzu am besten des Theodoliten, gleichzeitig zur Horizontal- und Verticalmessung geeignet, in vollkommenster Ausführung auch als Distanzmesser eingerichtet. Für die Anfertigung von Drainagearbeiten reicht man jedoch mit erheblich einfacheren und weniger kostspieligen Instrumenten aus, indem man folgende Hilfsmittel benutzt:

a) Zu den Horizontalmessungen das Messband oder die Messkette mit ihrem Zubehör, als Kettenstäbe und Absteckstäbe. Die Kette erhält passend eine Länge von 20 m und eine Stärke von 6 bis 7 mm; dieselbe sollte stets mit einem Correctionsgliede versehen sein.

b) Zum Abstecken rechter Winkel den Winkelspiegel oder das Winkelprisma, letzteres ein überaus compendiöses und, eine richtige Anfertigung vorausgesetzt, stets zuverlässig arbeitendes Instrument, welches keiner Correction bedarf und demnach dem zum Abstecken rechter Winkel am meisten verbreiteten Winkelspiegel vorzuziehen ist.

c) Zu Verticalmessungen ist das Libellen-Nivellirinstrument mit astronomischem Fernrohre am meisten zu empfehlen. Für kleinere Nivellements, bei denen es auf grosse Genauigkeit und schnelle Arbeit nicht ankommt, mag auch die Canalwage oder das Quecksilberniveau geeignet sein; ist jedoch das aufzunehmende Terrain einigermassen ausgedehnt und soll die Arbeit genau und in kurzer Zeit ausgeführt werden, so ist es durchaus gerathen, sich des Libelleninstrumentes zu bedienen. Dasselbe erhält für die in unserem Falle vorliegenden Aufgaben passend eine Fernrohrlänge von 0,25 m und eine Objectivöffnung von 0,02 m. Ein solches Instrument gestattet bei zehnmaliger Vergrösserung noch ein genaues Ablesen auf 100 m Entfernung. Die hierzu gehörige Latte wird am besten zum Zusammenschieben für im Ganzen 4 bis 5 m Länge hergestellt; die Theilung muss scharf und leicht ablesbar sein.*)

Bei genossenschaftlichen Drainagen ist ein Verzeichniss der zur Genossenschaft gehörigen Grundbesitzer, die Grösse des einbezogenen Grundbesitzes und die Parcellen-Nummer desselben nach der Katastralkarte festzustellen, ferner ein Verzeichniss derjenigen Grundbesitzer anzufertigen, welche sich nicht freiwillig an dem Unternehmen zu betheiligen gewillt sind,

---

*) Die Anschaffungskosten der zur Ausführung von Drainagearbeiten nothwendigen Instrumente betragen nach dem Preisverzeichnisse von T. Ertel & Sohn in München:

1) Messkette zu 20 m Länge mit Zubehör	36 M.
2) Winkelprisma	10 „
3) Nivellirinstrument mit Dreifuss, horizontaler und verticaler Mikrometerbewegung, Fernrohr mit Oeffnung von 10 Par. Linien und 10 Par. Zoll Brennweite mit Statif	163 „
4) Nivellirlatte zum Zusammenlegen, 4,50 m hoch	38 „
Zusammen	247 M.

deren Grundstücke aber nicht zweckmässig ausgeschlossen werden können. Sollten durch das Unternehmen Rechte Dritter berührt werden, so sind diese Rechte genau zu ermitteln und die Ansprüche der Parteien festzustellen; auch sind diejenigen Grundstücke bezw. Gräben anzugeben, welche etwa zum Zwecke der Ausführung der Drainage mit Servituten zu belasten oder abzutreten sind, sowie deren Eigenthümer.

5) Entwurf des Drainnetzes. Bei einfacheren Anlagen erstellt man den Plan unmittelbar auf dem Terrain, nachdem die Horizontallinien in bestimmten Abständen (je nach den Höhenunterschieden des Terrains in 0,25 bis 1 m Höhenabstand) abgesteckt wurden. Es empfiehlt sich, dieselben der besseren Uebersicht wegen mit Fähnchen von verschiedener Farbe zu bezeichnen, z. B. je eine Horizontalschicht roth, die folgende weiss, wodurch man ein deutliches Bild von der Höhenlage des Terrains erhält. Hierauf beginnt man mit dem Abstecken der Sammeldrains, deren Enden passend durch Stangen mit Strohwischen bezeichnet werden, und schliesslich werden die Saugdrains abgesteckt, wobei man mit Hülfe der Messkette und des Winkelprismas die Entfernungen und die Richtungen absteckt. Die Saugdrains werden für jedes System mit laufenden Nummern versehen, welche sowohl auf der Planskizze als auch auf den Pfählen correspondirend bezeichnet werden. Ist die Absteckung durchgeführt, auch mit Berücksichtigung etwaiger Quellstellen, so müssen die Details aufs Sorgfältigste durchgearbeitet werden. Es gehört hierzu die Bestimmung der Tiefe und der Weite jedes einzelnen Drains, die Ermittlung des Gefälles derjenigen Stränge, welche anscheinend in Folge schwachen Falles das Wasser mit nur geringer Geschwindigkeit fördern, die Berechnung der Geschwindigkeit des Wassers in denselben, damit das festgesetzte Minimum derselben (0,20 m pro Secunde) eingehalten werde. Hierbei bedient man sich einer tabellarischen Uebersicht nach Seite 398, um zeitraubende Rechnungen zu vermeiden.

Bei kleineren Drainagen wird in der hier geschilderten Weise verfahren, indem das eigentliche Project auf der zu drainirenden Fläche selbst und nicht zunächst auf dem Plane ausgearbeitet wird. Bei ausgedehnten Anlagen ist es dagegen stets erforderlich, das Project zunächst in grossen Zügen auf dem Plane zu entwerfen, also namentlich die Gruppirung der einzelnen Drainsysteme zu zeichnen und zu berechnen; die Detailausführung, wie das Abstecken der Saugdrains, erfolgt aber häufig unmittelbar auf dem Terrain.

Die Zeichnung des Drainplanes wird in der Regel nach bestimmtem Uebereinkommen, betreffend die verschiedenen Bezeichnungen, gefertigt, so dass man selbst bei complicirteren Anlagen ohne Schwierigkeiten ein Bild der Anordnung erhält. Sehr häufig wird bei der Anfertigung des Planes die Methode zu Grunde gelegt, welche von Seiten

der Königlichen General-Commission für Schlesien empfohlen wurde. Die wesentlichsten Bestimmungen dieser Instruction sind folgende:

Die Karte soll in dem Massstabe 1 : 2500 angefertigt sein, die Mittagslinie und alle zur Orientirung erforderlichen Gegenstände enthalten. Sie soll die der Drainirung zu unterwerfenden Grundstücke nebst deren näherer Umgebung bis zu den Vorfluthpunkten hin, ferner die Begrenzungen derselben enthalten mit Bezeichnung der verschiedenen Gattungen als Gärten, Aecker, Wiesen, Hutungen, Wald, Unland, Gräben u. s. w., alle Wege, Gräben, Flüsse, Teiche, insbesondere aber Quellen, Baumpflanzungen und Hecken.

Das Nivellement soll sich über die zu drainirende Fläche bis zu den geeigneten Vorfluthpunkten ausdehnen. Die Höhe sämmtlicher nivellirter Punkte ist auf eine Horizontalbasis zu reduciren; die Höhenlage der Nivellementspunkte über derselben ist auf der Karte schwarz einzutragen. Es sind zur Ermittlung des stärksten Terraingefälles so viele Horizontallinien zu bilden, dass über die Bodengestaltung an keiner Stelle des Grundstückes ein Zweifel bleibt. Diese Linien sind schwarz zu punktiren und ihre Höhe über der Horizontalbasis einzutragen.

Die Saugdrains werden in blauer Farbe mit schwachen Linien, die Sammeldrains mit etwas stärker hervortretenden kurzen Strichen und Punkten derartig markirt, dass deren Verbindung zugleich den lichten Durchmesser des Stranges darstellt. Ueber die Bedeutung der einzelnen Strichgattungen muss eine Zeichenerklärung der Karte angeschlossen sein, z. B. in folgender Weise:

Röhrenstränge	von	0,03	m	Durchmesser	....
"	"	0,05	"	"	· — · — · — · — · — ·
"	"	0,08	"	"	— — — — — — — — —
"	"	0,10	"	"	— — · — — · — — ·
"	"	0,13	"	"	— — · · — — · · — — · ·
"	"	0,15	"	"	— — — · — — — · — — —

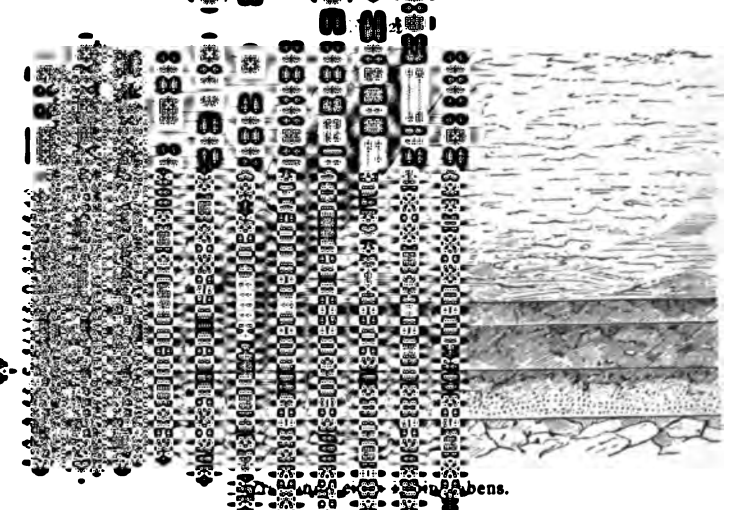
(Zweckmässiger erscheint es, die Drainstränge mit vollen Linien darzustellen, um das zeitraubende Punktiren zu vermeiden. Die Bezeichnung der Röhrenweite erfolgt alsdann durch kleine römische Ziffern quer durch die Linien des Stranges).

Die Sammeldrains sind in der Reihenfolge von oben herab mit kleinen lateinischen Buchstaben, die Saugdrains systemweise mit laufenden arabischen Ziffern derartig zu bezeichnen, dass der an der höchsten Stelle des Sammeldrains einmündende Saugdrain die Nummer 1 erhält. Die Uebergangspunkte aus einer in die andere Röhrenweite sind mit Kreuzchen zu versehen, die Richtung des Wasserlaufes in jedem Sammeldrain durch einen Pfeilstrich, die Entfernung der Saugdrains von einander am Anfang und Ende jedes Systemes in Metern zu bezeichnen. Es empfiehlt sich ferner, bei ausgedehnteren Anlagen jedes System mit römischen Zahlen zu numeriren.

[illegible]n-Sohle ist mit rother Farbe
[illegible]m Bruchpunkte des Gefälles.
[illegible], jedoch in verkleinertem
[illegible]net, welche die Lage der
[illegible]ain darstellt (vergl. Seite 410).

[illegible] Gräben.

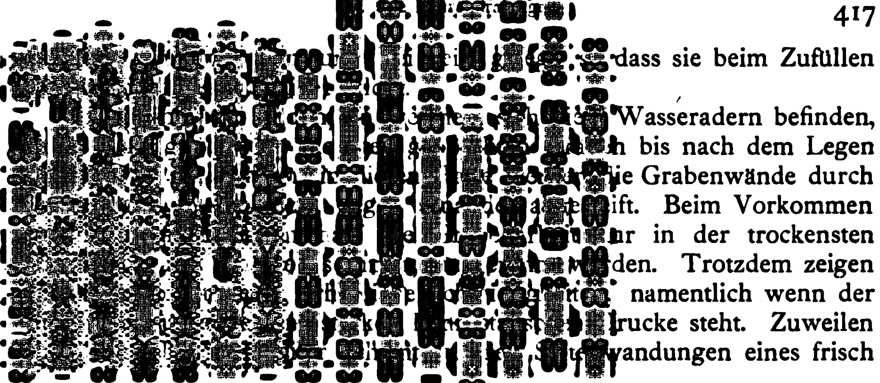
[illegible]an, nach erfolgter Regulirung
[illegible] für die Sammeldrains und
[illegible]ch oben, damit das in den



[illegible]bens.

[illegible] herein einen ungehinderten
[illegible]eit offen bleiben, so können
[illegible]werden, um die erforderliche
[illegible]u reduciren. Bei den Gräben
[illegible] Legen der Röhren vortheil-
[illegible] Graben stehenden Arbeiter
[illegible] Regulirung der Sohle wird
[illegible]eräthe bewerkstelligt, so dass
[illegible]r bei Gräben von grösserer
[illegible]ter zum Zwecke des Röhren-
[illegible]ung der Breite dieser Gräben
[illegible]Gräben ersterer Gattung kann
[illegible]r Bindigkeit des Bodens be-
[illegible]ur eine Breite gleich dem
[illegible] Form des zu erstellenden
[illegible]ellte. Die Ackerkrume wird





dass sie beim Zufüllen

Wasseradern befinden,
h bis nach dem Legen
ie Grabenwände durch
ift. Beim Vorkommen
ur in der trockensten
den. Trotzdem zeigen
namentlich wenn der
rucke steht. Zuweilen
wandungen eines frisch



Sohlentiefe.

Höhe der Triebsand
ertiefung kaum zu. In
kostspielig. Man lässt
en kann, mittelst breiter
lig die vorgeschriebene
ft eine ausserordentliche
rden, wo Gräben von
der Graben endlich zu
die Nothwendigkeit ein,
erkstelligen, wobei eine
nicht immer genügt. In
m dicht an der Graben-
kleidet dieselben an der

ng der Gräben auf die
Es bietet dies keinerlei
benem Terrain auf der

ganzen Länge des Stranges die nämliche ist. Sind dagegen die beiden Enden in verschiedener Tiefe zu legen, so ändert sich dieselbe stetig; man erstellt in diesem Falle auf dem Terrain eine Linie, welche parallel der künftigen Grabensohle liegt, so dass man die Tiefenmessung stets mit demselben Massstabe bewerkstelligen kann. Fig. 237 zeigt diese Methode. Die Grabensohle *a b* soll bei *a* 1,25 m, bei *b* 1,50 m tief werden, so dass die Tiefe auf der ganzen Länge um 0,25 m zunimmt. In diesem Falle schlägt man zur Seite des Grabens zwei kurze Pfähle *c* und *d* in den Boden, deren Köpfe bezw. 0,50 und 0,25 m über der Oberfläche hervorragen. Eine über den Köpfen dieser Pfähle gespannte Schnur stellt demnach eine Linie dar, welche in einem Abstande von 1,75 m parallel der Sohle liegt. Es ist jetzt nur erforderlich, die Tiefenmessung mittelst eines geeigneten Massstabes, eingestellt auf 1,75 m, von dieser Schnur aus vorzunehmen. Um ein Durchhängen der Schnur zu verhüten, treibt man zwischen den Pfählen *c* und *d* in Abständen von etwa 10 bis 12 m Pfähle *e*, *f* in der Linie *c d* in den Boden und richtet ihre Köpfe mittelst Nivellirkreuze in bekannter Weise in die Kopfhöhe der Pfähle *c* und *d* ein. Die Schnur wird nunmehr straff gespannt und auf den Pfahlköpfen entweder durch Klammern oder durch aufgelegte Steine befestigt. Zum Messen der Tiefe bedient man sich eines mit nicht zu feinen Theilstrichen versehenen Massstabes, welcher mit einem verschiebbaren Querholze versehen ist.

Die Draingeräthe. Da die Gräben so schmal wie möglich gefertigt werden müssen, so ist man auf die Benutzung eigenthümlicher Draingeräthe angewiesen, mittelst welcher die Arbeiter das Ausnehmen der Erde und die Ausgleichung der Sohle auf vortheilhafteste Weise bewerkstelligen können. Die Drainspaten haben für die einzelnen Stiche verschiedene Abmessungen; ihre Form wird durch Fig. 238 und 239 verdeutlicht, welche zwei Spaten verschiedener Gattung in $^1/_{10}$ der natürlichen Grösse darstellen. Die an dem Spaten Fig. 238 gezeichnete Knagge, welche bei Arbeiten in leichterem Boden fortfallen kann, dient zum Aufsetzen des Fusses beim Graben. Diese Spaten heissen Stichspaten, während man ausserdem noch Breitspaten in der gewöhnlichen Form und Hohlspaten anwendet. Letztere dienen zum Auswerfen der durch den Stichspaten bereits gelockerten Erde. Die englischen Drainspaten, welche als empfehlenswerthe Muster bezeichnet werden können, sowohl ihrer zweckmässigen Form wegen als auch mit Rücksicht auf die solide Befestigung der Spaten an den Stielen und das vortreffliche Material, werden in der Regel in einem folgendermassen zusammengestellten Satze geliefert:

1) Breitspaten Nr. I, 0,30 m breit, 0,35 bis 0,36 m lang. Mit demselben wird der erste Stich vollführt und der Graben nach und nach in

...einer Tiefe gleich der

...0,12 bis 0,14 m breit,
...tief hinein und benutzt

Fig. 239.

...Vorder- und Seitenansicht II.

...0,14 m, unten 0,08 bis
...m schmalen Spaten er-
...tical vertieft und gleich-

...rwendung für besonders
...ätte versehen, bis 0,60 m

Jeder Spaten, welcher für tiefere Arbeit bestimmt ist, sollte einen längeren Stiel besitzen als der vorhergehende, damit der Arbeiter denselben ohne Schwierigkeiten handhaben kann. Die Hohlspaten dürfen keine zu starke Krümmung erhalten, damit die Erde nicht zu fest an denselben haften bleibt.

Die Drainspaten haben sich überall da, wo die Arbeiter in der Handhabung derselben geübt sind, vortrefflich bewährt, während in anderen Gegenden oft die Einführung derselben nur sehr schwer durchzuführen war und die Arbeiter immer wieder zu den althergebrachten, oft recht ungeschickten Grabeinstrumenten zurückkehrten. Ein die Einführung der Drainspaten erschwerender Umstand ist zweifellos der, dass zur Erstellung eines Grabens, selbst von normalen Abmessungen, vier bis fünf verschiedene Geräthe gehören und nur dann Vortheile mit denselben zu erzielen sind, wenn jedesmal der für die Breite des Stiches passendste Spaten gewählt wird. Mit einiger Ausdauer und bei guter Anleitung lernen übrigens die Arbeiter den Werth der verbesserten Instrumente bald schätzen. Jedenfalls muss man dieselben derartig vertheilen, dass jeder Arbeiter stets mit demselben Spaten arbeitet, die tieferen Stiche demnach von den nachfolgenden Gräbern ausgeführt werden.

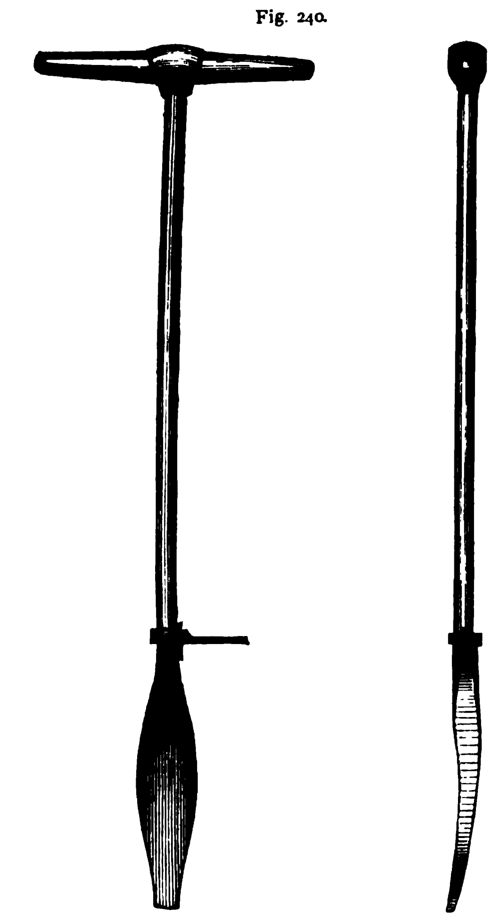
Zum Ausbrechen der Steine sowie zum Lockern sehr harten Bodens bedient man sich der Pickelhaue oder des Fusspickels. Erstere ist das allbekannte Geräth und thut in der Regel vortreffliche Dienste; ein Fusspickel, speciell für die Erstellung von Draingräben bei sehr festem oder steinigem Boden construirt, ist in Fig. 240 in der vorderen und Seitenansicht dargestellt. Bei Benutzung dieses Geräthes dient der Spaten vornehmlich zum Ausgleichen der Grabenwände und Herausnehmen der gelockerten Erde.

Zur Herstellung einer glatten und der äusseren Röhrenform entsprechend abgerundeten Sohle bedient man sich der Hohlkelle, auch Schwanenhals genannt, einer ausgehöhlten, schmalen Schaufel mit einem Stiele, welcher in einer Neigung von 45 bis 60 Grad zu der Sohlenfläche steht. Fig. 241 (S. 423) zeigt eine derartige Hohlkelle in der Seitenansicht, von vorn gesehen und im Grundrisse in $^1/_{10}$ der wirklichen Grösse. Die Verbindung der Schaufel mit dem Stiele ist durch einen stark gekrümmten eisernen Hals hergestellt, welcher eine Verstopfung durch Erde verhindert. Die Kellen werden in verschiedener Breite zwischen 0,06 und 0,12 m ausgeführt, um das Lager für Röhren von verschiedenem Durchmesser erstellen zu können. Anstatt derselben werden in einzelnen Gegenden auch Schaufeln benutzt, ähnlich geformt wie die Kellen, nur mit umgekehrter Stielrichtung. Welches Instrument den Vorzug verdient, ist schwer zu entscheiden; die vortheilhafte Benutzung hängt wesentlich von der Gewohnheit der Arbeiter ab.

Bei manchen Bodenarten, namentlich, wenn sich viele kleine Steine im Untergrunde befinden, ist es nicht möglich, die Sohle mittelst der

Hohlkelle derartig glatt zu erstellen, dass die Röhren in einer continuirlichen Ebene zu liegen kommen. In diesem Falle empfiehlt es sich, die Sohle mittelst eines entsprechend geformten Stampfers, des Sohlenstampfers, welcher an seiner unteren Fläche halbrund gestaltet ist, zu

Fig. 240.



Fusspickel; Vorder- und Seitenansicht.

ebenen, kleinere Steine in den Boden zu drücken, lockere Erde anzupressen u. s. w. Derartige Sohlenstampfer werden aus hartem Holze mit angemessen langem Stiele gefertigt und durch Diagonalstreben gegen Lockerwerden gesichert.

Anstatt der Grabewerkzeuge hat man in früherer Zeit vielfach, zumeist aber nur versuchsweise, Spanngeräthe, sog. Drainpflüge, zur Herstellung oder wenigstens zum ersten Oeffnen der Gräben benutzt;

da jedoch die Werthlosigkeit derselben jetzt allgemein bekannt ist, so können sie hier übergangen werden. Im Zusammenhange mit diesen Geräthen wurden auch früher wiederholt mechanische Vorrichtungen zum Legen der Röhren, im unmittelbaren Anschlusse an das Erstellen der Gräben, erprobt, welche jedoch keinerlei Verbreitung gefunden haben.*)

Die Grabenarbeit wird erheblich erschwert, wenn sich im Boden viele grössere Steine befinden, deren Beseitigung mit Schwierigkeiten verbunden ist. Liegen derartige Steine über dem Röhrenstrange, so müssen sie stets entfernt werden, selbst wenn sie sehr breit sind; ein Untergraben derselben ist nicht zulässig, da in der Folge die Widerlager des Steines nachgeben könnten, namentlich wenn der Boden durch die Bewegung des Wassers zu den Drainsträngen gelockert ist. Es würde dies ein Herabsinken des Steines und das Zerdrücken einzelner Röhren oder eine Verschiebung derselben zur Folge haben können. Zuweilen empfiehlt es sich, besonders bei sehr schweren Steinen, neben denselben eine Grube von angemessenen Dimensionen zu erstellen und den Stein mittelst Hebebäume in dieselbe hineinzuwälzen. Uebermässig schwere Steine, welche nur mit den grössten Schwierigkeiten bewegt werden können, z. B. die in Norddeutschland häufig vorkommenden Findlingsblöcke, zwingen zur Umgehung. Zu diesem Zwecke wird die Ausdehnung des Steines ermittelt und der Rohrstrang um denselben in einem angemessen geschweiften Bogen herumgeführt. Zu derartigen Ausbiegungen verwendet man mit Vortheil Röhren, welche sich beim Brennen krumm gezogen haben und deshalb für die geradlinigen Stränge nicht benutzt werden können. Für den in Rede stehenden Zweck sind dieselben von besonderem Vortheile.

3. Das Legen der Röhren.

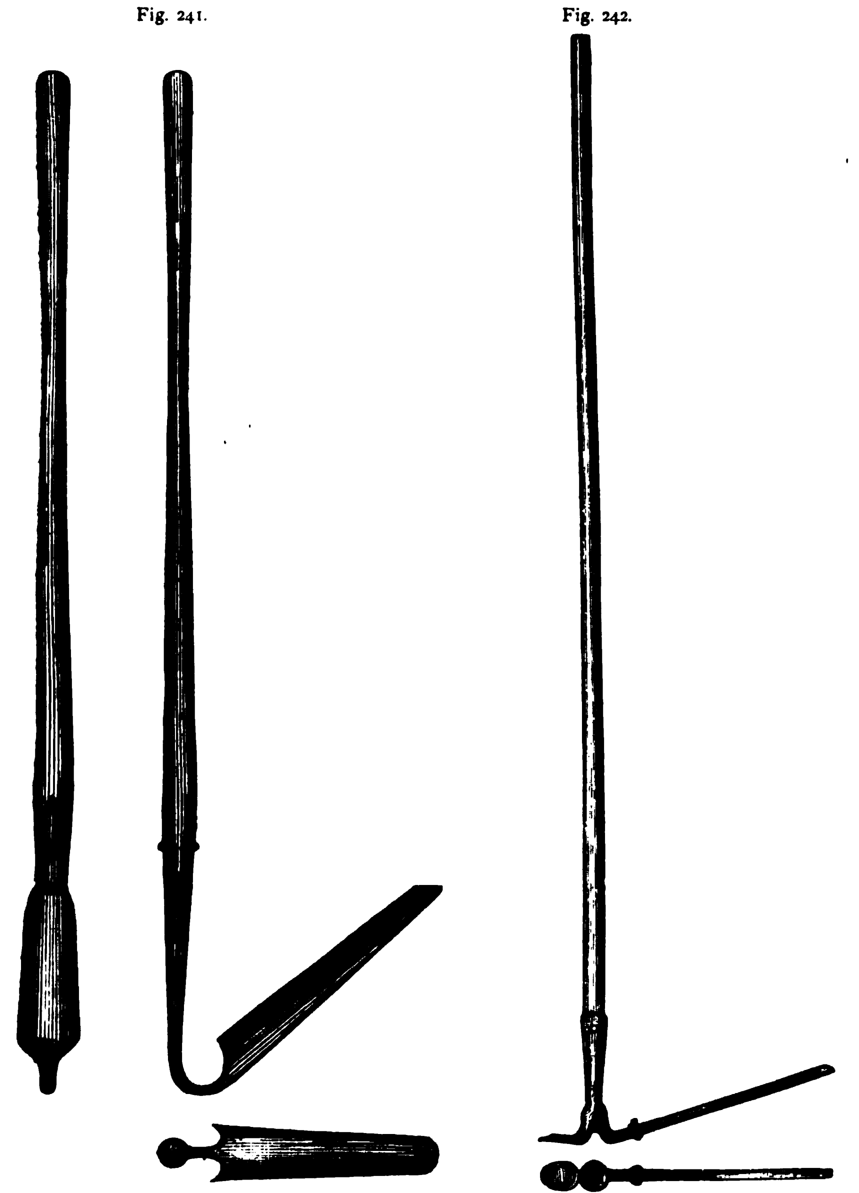
Das Legen der Röhren erfolgt unmittelbar nach dem Oeffnen des Grabens, weshalb dafür Sorge zu tragen ist, dass die Röhren rechtzeitig zur Stelle und neben dem Graben ausgebreitet sind. Voran gehen muss ein sorgfältiges Sortiren der Röhren: solche, welche sich beim Brennen erheblich krumm gezogen haben, werden bei Seite gelegt und für Krümmungen, zur Umgehung grösserer Steine oder Bäume, zu kurzen Rohrstücken u. s. w. benutzt, wo sie in der Regel vortrefflich zu Statten kommen. Röhren mit stark verengtem Querschnitte oder mit sehr unebenen Stossflächen werden ebenfalls ausgeschieden.

Das Legen geschieht mit Hülfe des Legehakens, eines Instrumentes nach der in Fig. 242 dargestellten Anordnung, bestehend aus einer eisernen Stange von etwa 15 mm Stärke und einer Länge, die nur einige Centi-

*) Die ausführlichsten Mittheilungen über diese, historisch immerhin interessanten Apparate enthält mit vielen Abbildungen das Werk: Drainage des terres arables par J. A. Barral, Band I und II; Paris 1862.

meter geringer ist als die Länge der Röhren. Der hölzerne Stiel steht zweckmässig in einem Winkel von etwa 80 Grad zu der Legestange, so dass der über dem Graben stehende Arbeiter die zu bildende Stossfuge

Fig. 241. Fig. 242.



Schwanenhals; Vorder- und Seitenansicht, Grundriss. Legehaken; Seitenansicht und Grundriss.

auf der Sohle bequem vor sich sehen kann. Das Deponiren der Röhren in geeigneter Lage mit möglichst dichten Stossfugen und in vollkommener Continuität des Stranges erfordert einige Uebung, da sowohl die Grabensohle als auch die Rohrstücke selbst nicht immer vollkommen regelmässig ausfallen. Zuweilen ist es erforderlich, das Rohr zu drehen, bis die beiden Stossflächen gut passen; ein geschickter Röhrenleger bewirkt dies, indem er das Rohr auf dem Legehaken dreht und zwar durch Anstreifen an der Grabenwand. Liegt ein Rohr in Folge von Unebenheiten auf der Grabensohle zu hoch, so wird es mit dem Legehaken heruntergedrückt, oder es wird die Erde an der Sohle mit dem an dem Instrumente angebrachten kleinen Spaten abgescharrt. Liegt das Rohr zu tief, so wird mit dem nämlichen Instrumente etwas Erde untergebracht.

Das Legen beginnt stets an der höchsten Stelle des Grabens, weil andernfalls das in dem Graben von oben herabfliessende Wasser Erde in das Rohr hineinschwemmen würde. Das oberste Rohrstück wird mit einem Propfen, am besten aus Letten gebildet, verschlossen.

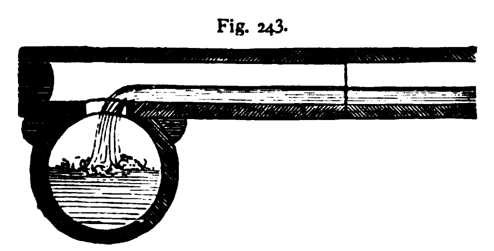
Selbstverständlich erfordert das Legen der Röhren die grösste Aufmerksamkeit von Seiten des Arbeiters, wenn die gute Wirksamkeit der Drainanlage gesichert sein soll; es dürfen demnach nur durchaus zuverlässige Arbeiter hierzu verwendet werden. Ein Arbeiter ist im Stande, bis 300 m Rohrstrang pro Tag zu legen, jedoch nur, wenn er sich die gehörige Uebung erworben hat. Bei dem Legen der Röhren von 0,08 und 0,10 m Weite kann diese Leistung noch um $^1/_3$ gesteigert werden. Es empfiehlt sich, den Aufseher der Grabenarbeit gleichzeitig mit dem Legen der Röhren zu betrauen; derselbe hat je nach den Schwierigkeiten, welche das Aufnehmen der Gräben verursacht, 10 bis 12 Arbeiter unter sich, die er anstellt und beaufsichtigt, wobei er immer noch die Zeit gewinnt, um sogleich nach der Herstellung der Sohle die Röhren zu legen.

Unmittelbar nach dem Legen der Saugstränge werden die betreffenden Gräben wieder geschlossen; nur die untersten Röhren bleiben bis zur Herstellung der Verbindungen zwischen den Saug- und Sammeldrains noch offen. Beim Aufwerfen der Erde ist darauf zu achten, dass keine schwereren Steine auf die Röhren geworfen werden, da hierdurch leicht ein Verschieben derselben erfolgen könnte. Aus dem nämlichen Grunde darf auch die erste Schicht Erde nur vorsichtig aufgeworfen werden.*)

*) In früherer Zeit wurde in der Regel empfohlen, vor dem Ausfüllen der Erde eine Schicht Laub, Stroh oder ähnliches Material auf die Röhren zu geben und alsdann die Erde wieder aufzuschütten, weil man befürchtete, die Erde würde sonst zu leicht durch die Stossfugen in die Röhren eindringen und Verstopfungen herbeiführen. Diese Ansicht hat sich jedoch nicht bewahrheitet; bei hinlänglich dichten Fugen dringt das Wasser klar in die Röhren, ohne die Erde mit zu schwemmen. Nur, wenn die Röhren durch Triebsand gelegt werden mussten, empfiehlt sich das Umkleiden derselben mit einer starken Lage gesiebten Kies oder auch mit einer thonhaltigen Erde. Noch

Die Verbindung der Saug- und Sammeldrains, welche sogleich nach dem Legen der Röhren herzustellen ist, geschieht nach der in Fig. 243 dargestellten Methode. Das Saugrohr wird auf das Sammelrohr gelegt und in beide eine correspondirende Oeffnung geschlagen, so dass sich das Wasser von oben her in den Sammeldrain ergiesst. Das Ende des Saugdrains wird durch einen Stein und eine Lettenverkleidung geschlossen. Diese von Jul. Kühn zuerst angewendete Methode*) hat alle älteren Verbindungsarten verdrängt; eine Aufzählung derselben ist demnach nicht erforderlich. Der Hauptvorzug des Aufeinanderlegens beider Röhren besteht darin, dass eine Verstopfung durch zu tiefes Einschieben des Saugrohres in das Sammelrohr, wie sie bei der älteren Methode der seitlichen Einleitung nur zu leicht vorkam, nicht möglich ist und dass beim Eintreten des Wassers von oben kein schädlicher Stau entstehen

Fig. 243.



Einmündung eines Saugdrains in einen Sammeldrain.

kann, der früher häufig vorkam und zu Versandungen Veranlassung geben konnte. Die jetzige Methode bedingt natürlich, dass die Sohle des Sammeldrains um den Durchmesser desselben tiefer zu liegen kommt als die des Saugdrains, was bei sehr geringer Vorfluth ein etwas flacheres Legen der Saugstränge nothwendig macht als bei der seitlichen Einleitung.

Bei den älteren Drainanlagen wurden häufig an einzelnen Vereinigungspunkten der Saug- und Sammeldrains kleine Cisternen, sogenannte Brunnenstuben, angeordnet, d. h. gemauerte Behälter von meistens

---

andere Vorsichtsmassregeln suchte man früher gegen das Eindringen von fremden Körpern in die Röhren zu treffen. So wendete man z. B. kurze Muffen an, welche über die Stossfugen gezogen wurden, oder die sogenannten getrichterten Röhren, d. h. mit conischen Enden versehene Röhren, die in einander passten. Beide Methoden sind zur Zeit gänzlich ausser Anwendung gekommen, da man sich von ihrer Zwecklosigkeit vollständig überzeugt hat. Die Muffen besitzen sogar den Nachtheil, dass man sich nach dem Aufziehen derselben in keiner Weise überzeugen kann, ob die Stossfugen gut an einander passen. Auch werden die Anlagekosten durch Benutzung der Muffen nicht unbeträchtlich erhöht.

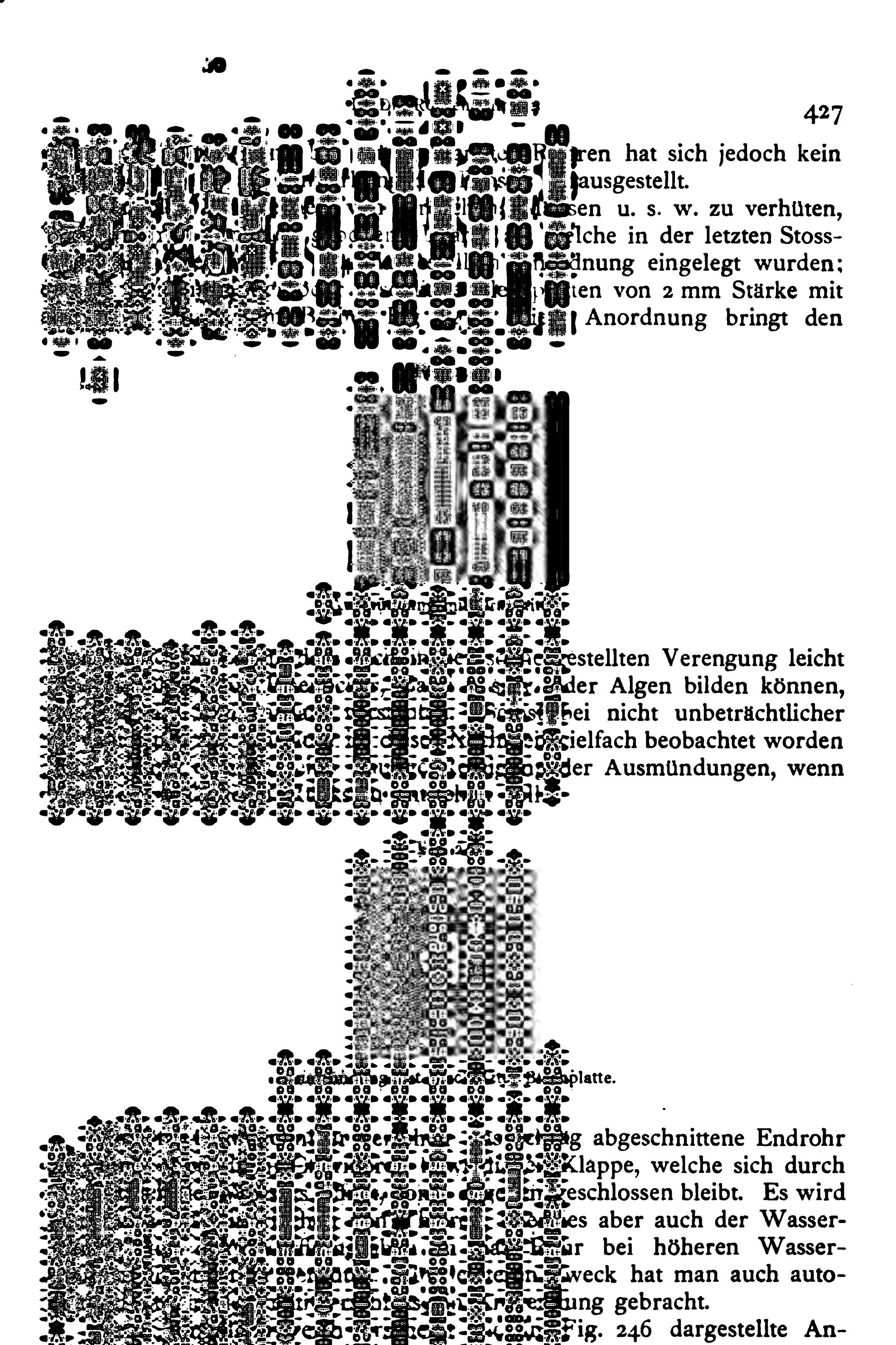
*) Zeitschrift für die deutsche Drainirung, I. Jahrgang, Seite 62; Berlin 1852.

quadratischem Querschnitte, in welche von verschiedenen Seiten die Drainstränge und zwar die Saugdrains etwas höher als die Sammeldrains einmündeten. Der Zweck dieser Brunnenstuben, welche von oben zugänglich waren, sollte sein, etwaige Verstopfungen einzelner Röhrenstränge zu erkennen, um die erforderliche Abhilfe zu leisten. Die Beobachtung ist jedoch durchaus keine sichere, da ein Rohr an seinem oberen Theile verstopft sein kann und weiter unten dennoch Wasser aufnimmt und weiterleitet. Die Brunnenstuben besitzen dabei aber den Nachtheil, dass das in denselben zur Ruhe kommende Wasser etwa mitgeführten Sand fallen lässt, wodurch eine Erhöhung der Sohle stattfindet, die schliesslich sich bis zu den Einmündungen der Röhren fortsetzen kann. Sie müssen aus diesem Grunde wiederholt geräumt werden, was stets mühsam und zeitraubend ist. So lange die Anlage noch neu ist, geschieht dies gewöhnlich in regelrechter Weise; späterhin finden jedoch nur zu häufig Vernachlässigungen statt, so dass die Einrichtung ihren Dienst versagt.

4. Die Ausmündungen der Sammeldrains.

Von besonderer Wichtigkeit ist eine sorgsame Construction der Ausmündungen. Dieselben sind die einzigen zu Tage tretenden Theile einer Drainanlage und dadurch mancherlei störenden Einflüssen ausgesetzt. Durch die Einwirkung des Frostes oder in Folge des Einstürzens der Grabenwände findet leicht eine Zerstörung der Ausläufe statt; zuweilen wird wohl auch durch Böswilligkeit ein solcher Auslauf beschädigt. Das Hineinkriechen von Thieren, z. B. Fröschen, kann leicht zu Verstopfungen Veranlassung geben, ebenso der Niederschlag von Eisenocker, Kalk oder mitgeführter Erde. Aus diesem Grunde sucht man die Zahl der Ausläufe nach Möglichkeit zu verringern und ein möglichst grosses Terrain durch ein Sammelrohr zu entwässern. Selbstverständlich hat dies auch seine Grenzen; die Kosten der Röhren von grossem Durchmesser sind unverhältnissmässig hoch, so dass es in der Regel gerathen ist, Röhren von nicht mehr als 0,15 m Lichtweite anzuwenden und auch diese auf kürzestem Wege in den Vorfluthgraben zu leiten. Die Entwässerungsfähigkeit eines solchen Rohres beträgt nach dem auf Seite 394 berechneten Beispiele bei dem überaus geringen Gefälle von 0,1 % 6,1 ha; für eine Fläche von annähernd dieser Grösse wird demnach in der Regel ein Auslauf anzuordnen sein. Bei der Construction der Ausläufe ist der auf Seite 384 erwähnte Umstand zu berücksichtigen, dass das Rohr stets höher liegen muss als der Wasserstand im Vorfluthgraben, weil andernfalls das Wasser des letzteren zu schädlichen Stauungen Veranlassung geben würde.

Von einigen Seiten werden zu den Ausläufen hölzerne oder gusseiserne Röhren empfohlen, weil thönerne Röhren, dem Froste ausgesetzt, Schaden leiden könnten. Sind letztere nicht hinlänglich scharf gebrannt, so hat dies seine Richtigkeit und mag für diesen Fall Holz oder Guss-



ren hat sich jedoch kein
ausgestellt.
sen u. s. w. zu verhüten,
lche in der letzten Stoss-
dnung eingelegt wurden;
ten von 2 mm Stärke mit
Anordnung bringt den

estellten Verengung leicht
der Algen bilden können,
bei nicht unbeträchtlicher
vielfach beobachtet worden
der Ausmündungen, wenn

platte.

g abgeschnittene Endrohr
Klappe, welche sich durch
eschlossen bleibt. Es wird
es aber auch der Wasser-
r bei höheren Wasser-
weck hat man auch auto-
ung gebracht.
Fig. 246 dargestellte An-
det und zwar etwa 0,25 m

…ie Thiere nicht zu der Aus-
…ie Nothwendigkeit der stets
…dem Auslaufrohre, welches

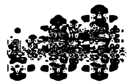
…rains.

…ager zu geben, empfiehlt es
…hsteinen hergestellten Wand
…Senken des Rohres sicher

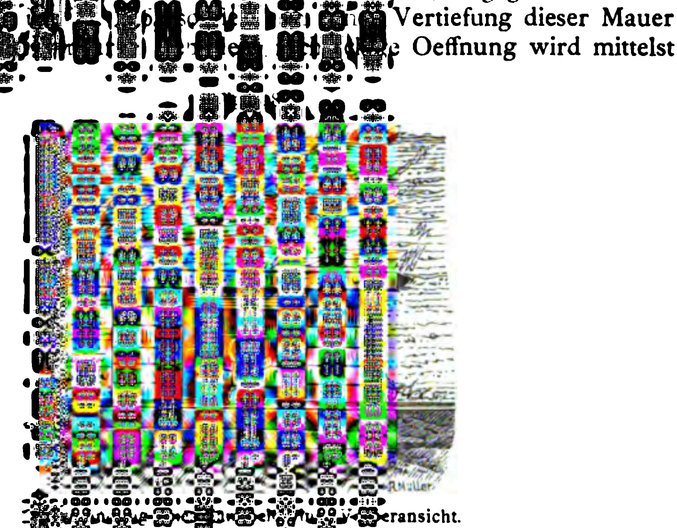
…ängenschnitt.

…Mangon*) empfohlene und
…und der Vorderansicht dar-
…gewendet, bei welcher das

*) …unies par ordre du ministre de
…s; Paris 1855.



uht, dagegen nicht her-
Vertiefung dieser Mauer
Oeffnung wird mittelst



ransicht.

en gesichert. Das Gitter
ommen werden. In der
hervorstehendem Rohre
ziehen sein.

der Drainarbeiten.

hrung der Drainarbeiten
welche von den localen
vorhergegangenen Be-
rainirenden Fläche sowie
en und vor Winter zu
die Zeit der Ausführung
ften und nach der herr-
Regen, bei welchem die
andungen derselben ein-
lich sistirt werden.
asser und Triebsand, so
hreszeit gewählt werden,
s zu der erforderlichen
n verbunden ist. Hier
nfang September die ge-
mböden geht die Arbeit
n noch einen gewissen
it durch das Zusammen-
Sommer ist man häufig

genöthigt, derartige Böden mit der Hacke und dem Pickel anstatt mit dem Spaten zu bearbeiten, wodurch die Erstellung der Gräben weit langsamer von Statten geht und erheblich kostspieliger wird, als wenn der Boden leicht bearbeitet werden kann. Hier werden also die Frühjahrs- und Herbstmonate die geeignetsten sein.

Im Winter, namentlich wenn Frost zu befürchten ist, darf nicht drainirt werden, weil hierbei gewöhnlich ein Einstürzen der Grabenwände stattfindet. Bei scharfem Froste ist auch die Sohle der Gräben nicht glatt zu erstellen, so dass ein Legen der Röhren mit richtigem Gefälle nur schwer erreicht werden kann.

Im Allgemeinen sind in unserem Klima die Herbstmonate bis Mitte October die passendste Zeit; die Tage sind noch lang genug, so dass Genügendes geleistet werden kann und man ist im Stande, unmittelbar nach dem Zuwerfen der Gräben eine gründliche und möglichst tiefe Bearbeitung des Bodens vor dem Eintritte des Frostes vorzunehmen, wodurch eine schnelle Wirkung der Drainage wesentlich befördert wird.

f. Die Verhütung von Verstopfungen.

Die Verstopfung der Drainröhren kann mannigfache Ursachen haben und zwar kann dieselbe sowohl von fehlerhaftem Legen der Röhren als auch von Umständen herrühren, welche sich nicht so leicht beseitigen lassen und in der Folge besprochen werden sollen.

Zuweilen kommt es vor, dass einzelne Röhren sich im Boden senken und hierdurch die Continuität des Stranges unterbrochen wird. Namentlich auf sehr unsicherem Boden, z. B. Moorboden, oder wenn die Röhren in Triebsand gelegt werden mussten, ist dieser Fall wiederholt beobachtet worden. In derartigen beweglichen Böden muss zunächst ein sicheres Auflager für den Röhrenstrang hergestellt werden, was am besten durch Aufschütten einer starken Kiesschicht geschieht. Auch wird empfohlen, um den Röhren bei unzuverlässigem Boden ein sicheres Auflager zu geben, dieselben auf zwei schmale Latten zu legen, welche der Länge nach auf der Sohle des Grabens angebracht werden. Hierdurch erhalten die Röhren ein breites Unterlager, so dass sich der Druck auf eine grössere Fläche vertheilt.

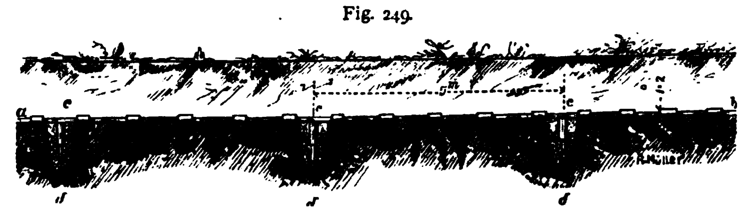
Sobald sich einzelne Röhrenstränge verstopfen, muss sowohl die Ursache als auch der Sitz der Verstopfung ermittelt werden. Entweder liegt der Fehler an der Anlage, namentlich an zu geringem Gefälle des Stranges, bei welchem das träge fliessende Wasser nicht im Stande ist, die durch die Stossfugen eingedrungenen fremden Körper, wie Triebsand u. s. w., weiter zu führen, oder an der Senkung einzelner Röhren, oder an dem Umstande, dass Wurzeln von Culturpflanzen, Bäumen und Sträuchern durch die Stossfugen in die Röhren eindringen. Hier können dieselben in dem befruchtenden Wasser leicht grössere Ausdehnung annehmen und so Verstopfungen herbeiführen. Auch entstehen letztere

zuweilen durch den Niederschlag von erdigen Substanzen aus dem Wasser oder durch Bildung gewisser Pflanzen, welche in dem Drainwasser die Dispostion für ihre Entwicklung finden, oder endlich durch das Eindringen von Thieren in die Röhren.

In Betreff der Verstopfungen, herrührend aus einer fehlerhaften Anlage, ist bereits oben ausführlich gesprochen worden; hier sind nur noch die anderweitigen Ursachen näher zu erörtern.

Was das Einwachsen von Wurzeln betrifft, so ist dasselbe an vielen Orten und selbst bei sehr tiefer Lage der Drains beobachtet worden (sogar bei 2,50 m Tiefe). Namentlich hört man Klagen über das Einwachsen der Rapswurzeln sowie der Rüben; letztere haben zuweilen ganze Drainanlagen zeitweilig unwirksam gemacht. Auch Wurzeln von Schachtelhalm, Rohr, Brennnesseln, Disteln u. s. w. haben sich

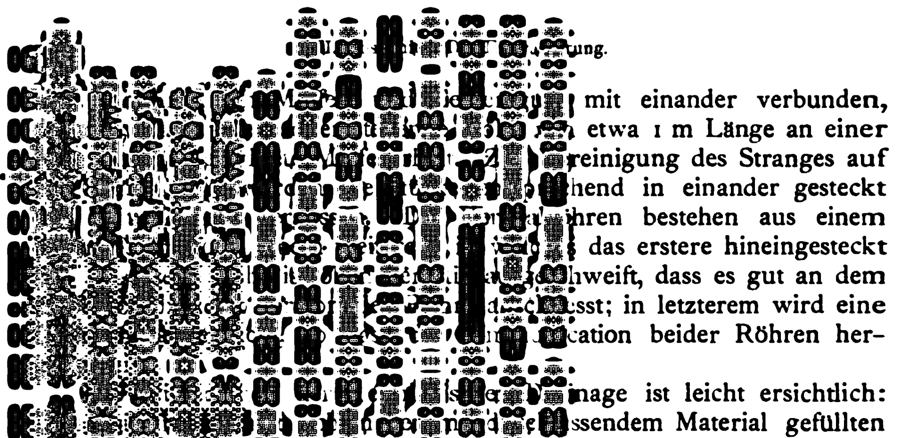
Fig. 249.



Drainage nach dem Systeme Rérolle.

in den Röhren vorgefunden und Verstopfungen herbeigeführt. Häufig rührt das Einwachsen von dem vegetabilischen Deckmaterial her oder von der mit Keimen und Sämereien geschwängerten Ackererde, welche man fehlerhafter Weise auf die Röhren aufgebracht hat. Ebenso findet oft ein Einwachsen von Baum- und Strauchwurzeln durch die Stossfugen der Röhren statt. Alle Bäume und Sträucher, deren Wurzeln sich weit ausbreiten, können diesen Uebelstand veranlassen; zur Verhütung desselben empfiehlt es sich, wie bereits Seite 406 hervorgehoben, die Stränge von Bäumen, namentlich den Pappeln, mindestens 6 bis 8 m entfernt zu legen oder den Röhrenstrang in der Nähe von Bäumen mit dicht schliessenden Muffen zu versehen.

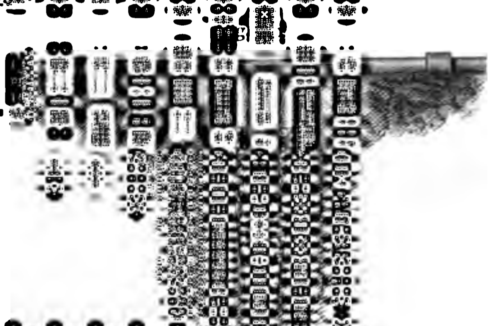
Das vorzüglichste Mittel gegen das Einwachsen von Baumwurzeln ist die Rérolle'sche Methode der Drainirung, Fig. 249. Die Disposition des Röhrensystemes ist die nämliche wie bei der gewöhnlichen Drainage, nur sind die Röhren mittelst Muffen und Cementkitt vollkommen dicht geschlossen. In Abständen von etwa 5 m communiciren die Drainstränge mit kurzen, nach abwärts gerichteten Verticalröhren, welche in Gruben *d d* ausmünden. Letztere werden auf der Sohle *a b* des Drainstranges erstellt und mit grobem Kies oder zerschlagenen Steinen angefüllt; in der Mitte derselben ist das verticale Rohr eingesetzt, welches in das Rohrstück *c* einmündet. Fig. 250 giebt eine detaillirtere Ansicht des Arrangements. Um den Röhrenstrang zu legen, werden je drei bis



…ung.

… mit einander verbunden, … etwa 1 m Länge an einer … reinigung des Stranges auf … hend in einander gesteckt … hren bestehen aus einem … das erstere hineingesteckt … hweift, dass es gut an dem … sst; in letzterem wird eine … cation beider Röhren her-

… nage ist leicht ersichtlich: … ssendem Material gefüllten



… g der Verticalröhren.

… gesetzt sind, unter einem … im Boden richtet; so lange … e liegt, gelangt das Wasser … bei angemessenem Gefälle … geführt. Das unterirdische … hren entfernt werden kann, … talstrange halten, da ein … ss, um die Reibung des … inden.

… h dieses System vollständig … öhren der Weg durch die … ist, den die Wurzeln un- … zt dasselbe aber den Nach- … hnliche Ackerdrainage und … gelegt wird wie bei dieser. … e, bei denen das Einwachsen … r gewöhnlichen Drainage … und Baumschulen. Bei … t nicht zu beträchtlich ins

Bei der gewöhnlichen Drainirung sind ebenfalls vielfach Mittel in Vorschlag gebracht worden, um das Einwachsen von Wurzeln zu verhüten. Vincent empfiehlt, die Stossenden der Röhren zu theeren oder die Fugen mit Streifen von frisch getheertem, starkem Löschpapier zu bedecken. Selbstverständlich ist dies nur für Sammeldrains zulässig, da bei den Saugdrains hierdurch die Aufnahme des Wassers unmöglich gemacht würde. Das Mittel soll sich gut bewährt haben, indem Röhren, welche vorher dicht verwachsen waren, nach dem Ueberkleben mit getheertem Papier dauernd offen blieben.

Empfehlenswerth ist es jedenfalls, die Stossfugen mit möglichst todtem, keine vegetabilischen Substanzen enthaltendem Boden zu bedecken; auch erscheint die Bedeckung der Stossfugen mit sattelförmigen Thonplatten zweckmässig, welche den Eintritt des Wassers nicht hindern, dagegen das Eindringen der Wurzeln unmöglich machen.

Ferner empfiehlt es sich, in den ersten Jahren nach ausgeführter Drainage keine tiefwurzelnden Gewächse, wie z. B. Raps, zu bauen, sondern erst die Zeit abzuwarten, in welcher sich der Boden vollständig gesetzt hat. Man hat wiederholt die Beobachtung gemacht, dass derartige Verstopfungen gerade in den ersten Jahren am häufigsten vorkommen.

Die Entstehung von Algen in den Drainröhren ist ebenfalls eine vielfach beobachtete Erscheinung. Dieselben bilden lange dichte Zöpfe, welche die Röhren vollständig verstopfen. Das beste Mittel zur Verhütung der letzteren sind Röhren von nicht zu geringem Durchmesser; es empfiehlt sich in dieser Hinsicht, das Caliber der kleinsten Röhren auf 0,04 bis 0,05 m zu wählen. Oft finden sich derartige Bildungen im Vereine mit Ockerniederschlägen. Uebrigens hat sich an vielen Stellen, wo in der ersten Zeit nach Einführung der Drainage recht lästige Verstopfungen durch Algenbildung vorkamen, herausgestellt, dass nach gründlicher Trockenlegung und Beseitigung des vermoderten und eisenhaltigen Wassers im Untergrunde eine weitere Bildung derselben ausbleibt.

Die Verwendung weiter Röhren ist auch von Vortheil, um Verstopfungen in Folge des Einwachsens von Wurzeln der Culturpflanzen zu verhüten. Sobald die Röhren voll laufen, was bei engen Röhren viel häufiger als bei weiten stattfindet, verbreiten sich die Wurzeln gleichmässig im ganzen Rohre und findet an dem Wurzelgeflechte leicht ein Ansetzen von Sand und Schlamm statt, welches das Rohr alsdann vollständig verstopft. In den weiten Röhren erstreckt sich die Wurzelbildung nur so weit, wie das Wasser längere Zeit hindurch steht. Nach Abfluss desselben sinken die Wurzeln zusammen und bilden auf der Sohle ein bandartiges Geflecht, welches nur wenig Veranlassung zum Ansetzen von Sand u. s. w. giebt.

Vielfach entstehen auch Verstopfungen durch den Niederschlag von Kalk und Eisen aus dem Wasser. Durch die Verflüchtigung der an der

Luft entweichenden Kohlensäure, welche die Bedingung der Lösung war, fällt der Kalk oder das Eisenoxydhydrat nieder und giebt so zu Verstopfungen Veranlassung. Am häufigsten bilden sich derartige Niederschläge an den Ausmündungen der Sammeldrains, seltener innerhalb der Stränge in derartiger Stärke, dass hierdurch Verstopfungen entstehen. Das beste Mittel zur Vermeidung der letzteren, wenn sie von Niederschlägen oder in gleicher Weise von eingedrungenem Sande herrühren, ist, wie bereits wiederholt hervorgehoben, ein hinlänglich starkes Gefälle, bei welchem das Wasser durch seine lebendige Kraft die Hindernisse fortführt. Auch würde die Benutzung möglichst glatter Röhren und ein besonders sorgfältiges Legen das Herausschwemmen der eingedrungenen oder niedergeschlagenen festen Stoffe wesentlich erleichtern.

Hat aus irgend einer Ursache die Verstopfung eines Röhrenstranges stattgefunden, so treten die Kennzeichen derselben nur zu deutlich auf. In Folge der mangelhaften oder vollständig sistirten Wasserabführung tritt das Wasser aus den Stossfugen oberhalb der Verstopfung heraus und zwar um so stärker, je grösser das Gefälle des betreffenden Stranges ist; zuweilen quillt das Wasser sogar an der Oberfläche hervor. In der Regel muss mit der Beseitigung des Hindernisses bis zur Abtrocknung des Bodens gewartet werden, da in dem durchsumpften Terrain die Grabenarbeit nicht gut ausführbar ist. Man bezeichnet aber die Stellen sorgfältig mit Stangen, um sie in der Folge sicher auffinden zu können.

Beim Aufgraben kommt es darauf an, möglichst schnell, ohne zu viele Grabenarbeit, den Ort der Verstopfung ausfindig zu machen. Hierzu ist in der Regel ein Ausprobiren nothwendig, da die Pläne niemals geometrisch genau auf die Drainfläche übertragen sind. Die Richtung der Drains ist von vornherein bekannt; rechtwinklig zu derselben zieht man an der Stelle, an welcher die Verstopfung vermuthet wird, einen Graben in derartiger Tiefe, dass man hierbei auf den Strang treffen muss. Nachdem dieser erreicht und ebenso durch weiteres Aufgraben in der Richtung desselben die Stranglage festgestellt ist, ist die verstopfte Strecke leicht zu finden. Dieselbe liegt weiter abwärts, wenn der das Rohr umgebende Boden sehr nass ist; denn in diesem Falle findet das von oben her durch das Rohr fortgeführte Wasser keinen Abfluss und tritt durch die Stossfugen in den Boden. Man hat demnach nur nöthig, in angemessener Entfernung weiter unterhalb den Strang von Neuem aufzudecken. Ist hier der das Rohr umgebende Boden trocken, so folgt daraus, dass das Wasser an dieser Stelle regelrecht abgeführt wird, dass also die Verstopfung zwischen beiden Punkten liegt. Jetzt wird zwischen diesen der Strang aufgegraben, die einzelnen Röhren werden herausgenommen, sorgfältig gereinigt bezw. bei einer Senkung einzelner Röhren das Lager derselben durch eine Kiesaufschüttung ausgebessert und die Röhren von Neuem gelegt.

In sehr trockener Jahreszeit, wo die Bewegung des Grundwassers

gänzlich aufhört, der Boden somit um die Röhren vollständig trocken ist, muss, da das Zeichen der Feuchtigkeit keinen Hinweis auf die Lage der Verstopfung giebt, das Rohr auf einer grösseren Strecke aufgegraben werden; die einzelnen Röhren werden herausgenommen und gereinigt.

Wenn irgend möglich, ist bei derartigen Reparaturen danach zu trachten, auch die Ursache der Verstopfung zu beseitigen. Wir haben bereits gesehen, dass dies in vielen Fällen zulässig ist und empfiehlt es sich, selbst die Umlegung einzelner Röhrenstränge vorzunehmen, wenn hiermit die Aussicht gegeben ist, den Grund des Uebels dauernd zu beseitigen.

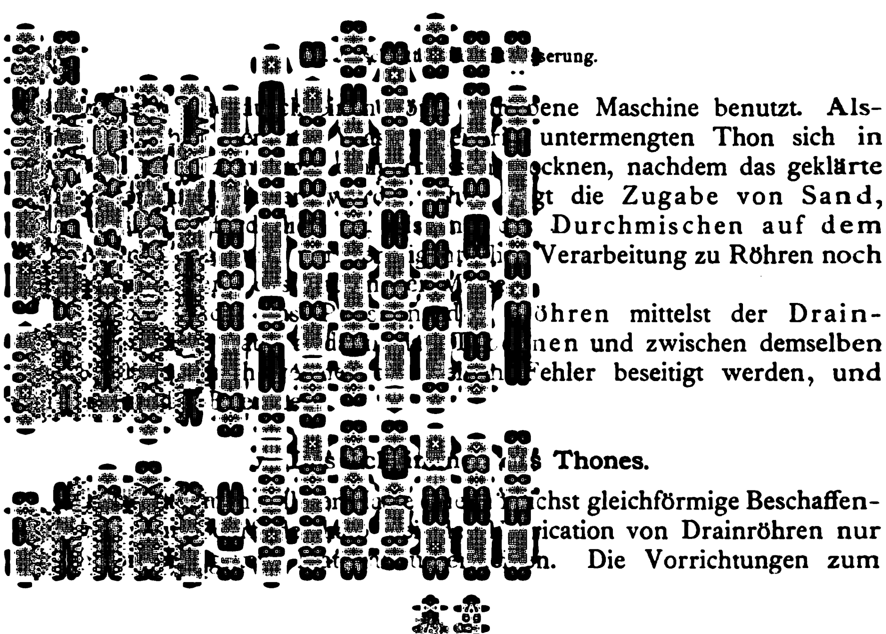
g. Die Erzeugung der Drainröhren.*)

Zur Fabrication von Drainröhren eignet sich jede gute, steinfreie Ziegelerde, aus welcher man Dachziegel fertigen kann. Dieselbe darf jedoch nicht zu viel Kalk enthalten, auch nicht zu fett sein, weil in letzterem Falle leicht beim Pressen ein Aufreissen und beim Brennen ein zu starkes Schwinden, in ersterem in nicht zu langer Zeit eine Zerstörung der fertigen Röhren eintreten würde. Ist der zu verarbeitende Thon zu fett, so setzt man Quarz- oder Granitsand hinzu, um den Thon magerer zu machen. Kalksand darf dagegen zum Magermachen des Thones nicht verwendet werden, da selbst kleine Kalkstücke nach dem Brennen, sobald Feuchtigkeit hinzutritt, ablöschen, wodurch das Rohr zerstört werden könnte. Ist der Thon zu mager, so kann derselbe durch Zusatz von blauen Letten für die Röhrenfabrication geeignet gemacht werden, vorausgesetzt, dass er im Uebrigen rein und von guter Qualität ist.

Der Gang der verschiedenen Operationen ist in der Regel folgender: Der Thon wird vor Winter gegraben, in Haufen von etwa 0,60 m aufgeschichtet und in Zeiträumen von 4 bis 6 Wochen umgewendet. Hierbei findet in Folge des einwirkenden Frostes eine Zertheilung der Klumpen statt. Ist der Thon derartig gleichmässig, dass ein Schlämmen desselben nicht erforderlich, dagegen ein Zusatz von Sand nothwendig ist, so erfolgt dieser letztere bereits vor dem Auswintern und zwar in der Weise, dass stets auf eine Thonschicht von 0,15 m Stärke eine Sandlage in dem festgesetzten Verhältnisse aufgegeben wird.

Die weitere Bearbeitung des Materials findet in dem folgenden Frühjahre statt. Muss der Thon geschlämmt werden, so wird hierzu

*) Es kann dieser Gegenstand hier nur kurz behandelt werden und soll lediglich auf die hauptsächlichsten Operationen bei der Herstellung der Drainröhren hingewiesen werden. Zu genauerer Information kann namentlich das Werk: Die Ziegel- und Röhrenfabrication von Edmund Heusinger von Waldegg, dritte Auflage; Leipzig 1876, empfohlen werden.

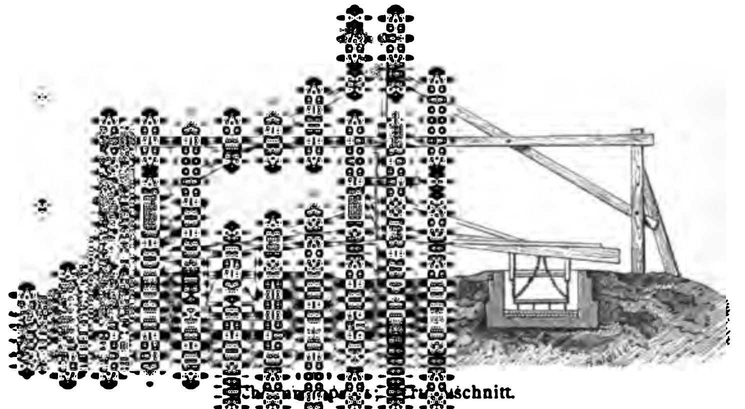


…ene Maschine benutzt. Als-
… untermengten Thon sich in
…cknen, nachdem das geklärte
…t die Zugabe von Sand,
… Durchmischen auf dem
… Verarbeitung zu Röhren noch

…öhren mittelst der Drain-
…nen und zwischen demselben
…Fehler beseitigt werden, und

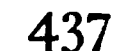
… Thones.

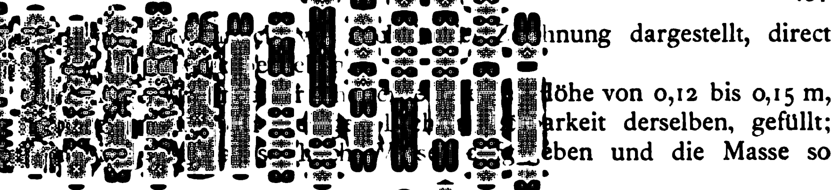
…chst gleichförmige Beschaffen-
…ication von Drainröhren nur
…n. Die Vorrichtungen zum



…schnitt.

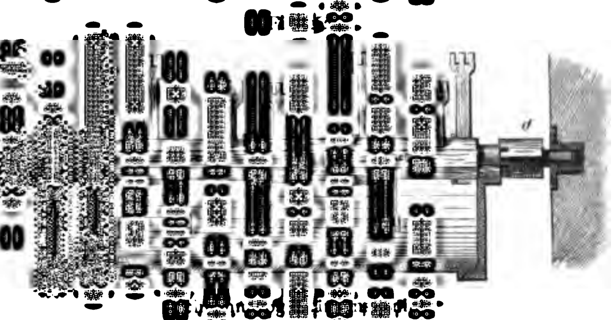
…ngang in Bewegung gesetzt,
…t ein Rührwerk in grossen
… reichlichem Wasser aufge-
… Der verbreitetste Schlämm-
…cation angewendeten überein;
…igen Canale, in welchen die
…. Die Sohle des Canales liegt
…e Thon direct in die Setz-
…Canalringes ist ein Göpelwerk
…anale befindlicher Eggen und
…rticalschnitt Fig. 251 darstellt.
…für das Wasser und für die
…Pumpe zum Aufbringen des



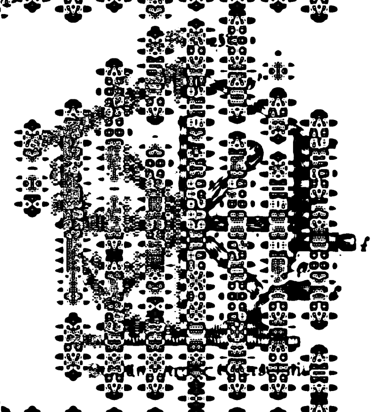


hnung dargestellt, direct

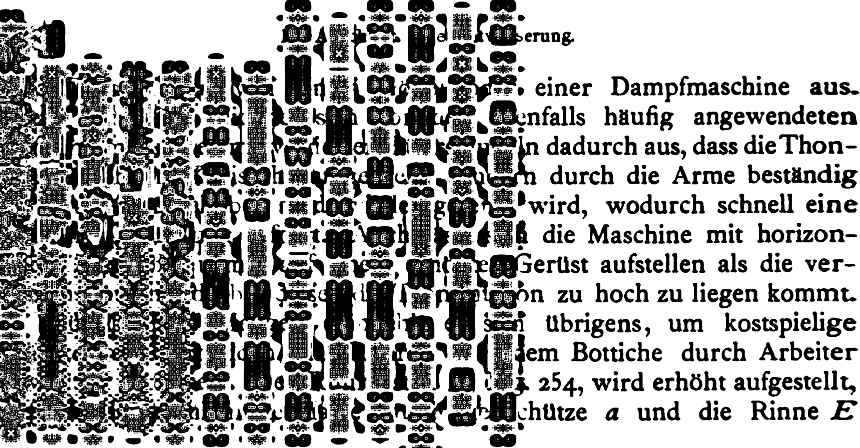
Höhe von 0,12 bis 0,15 m,
arkeit derselben, gefüllt;
eben und die Masse so



bis eine vollkommene Auf-
Steine zu Boden, worauf
stattfindet.
Schlämmvorrichtungen in
an. Der halbrunde Trog



he an der dachförmigen
demselben befindet sich
durch welche Wasser in
letztere besteht aus einer
n dreizinkig gegabelt sind.
en, mittelst Stöpsel ver-
n des erzeugten Thon-
erfolgt in der Regel durch



… einer Dampfmaschine aus- … [e]nfalls häufig angewendeten … [i]n dadurch aus, dass die Thon- … n durch die Arme beständig … wird, wodurch schnell eine … die Maschine mit horizon- … Gerüst aufstellen als die ver- … n zu hoch zu liegen kommt. … übrigens, um kostspielige … [d]em Bottiche durch Arbeiter … 254, wird erhöht aufgestellt, … [Sc]hütze *a* und die Rinne *E*

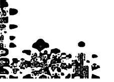


… [Sc]hlämm… [dur]charbeit.

… Zumeist sind mehrere Setz- … mit der Rinne *E* commu- … [verschie]dener Höhe Oeffnungen zum …

… wasserdicht zusammengefügt; … m, 2,5 m Breite und 0,5 m … *a* befindet sich etwa 0,15 m … wie Steine und Sand, beim … n werden. Der Thon, mit … [Kr]ücken so lange durchgearbeitet, … hat. Die Bassins *B* werden … Thon verstrichen, um sie … n sind gewöhnlich bei 1,5 m … cbm Thon aufnehmen kann. … Ziegelsteinen belegt und das … [n]och dergestalt, dass das ge- …

… Material genügt auch häufig … und ein gründliches Durch- … Weise bewirkt wird, dass



on 5 cm ausgebreitet wird,
eichmässige Beschaffenheit
wird die Masse aus dem
in grössere Würfel ge-
aterial, so wird dasselbe
lätter geschnitten, worauf
herausgenommen werden.
renpresse übergeben.

noch nicht hinlänglich
verwendet zu werden, so
einer gründlichen Durch-

ysen.

le auch das etwaige Bei-
verbinden ist. Die Thon-
Ziegeleien benutzt, wess-
ländische Thonmühlen
ie von Schlickeysen in

hlickeysen'schen Thon-
nden Cylinder a, welcher



unten durch einen Boden *b* geschlossen und oben trichterförmig erweitert ist, mit anschliessendem, oben offenem, cylindrischem Aufsatze *c*. Durch einen Göpelarm wird im Cylinder eine Spindel *d* in Umdrehung versetzt, auf welcher eine grössere Anzahl spiralförmig gestellter Messer *e* angebracht ist. Das oberste Messer ist mit einem Schaber armirt, welcher den anhaftenden Thon stetig abstreicht. Ueber dem Boden befindet sich die Austrittsöffnung *f* für die verarbeitete Masse. Dicht unter derselben ist ein zweiter Boden *g* mit aufsteigendem Rande auf der Spindel befestigt, welcher sich mit dieser dreht. Hierbei führt er die an dem hinteren geschlossenen Theile des Cylindermantels herabgedrückte Masse nach vorn zu der Austrittsöffnung, aus deren unterem Theile sie entweichen muss, weil die hinten stets von Neuem herabgepresste Masse deren weitere und beständige Umdrehung nicht gestattet. Gleichzeitig entweicht der auf der anderen Cylinderhälfte herabgeführte Thon durch den oberen Theil der nämlichen Oeffnung. Indem der drehbare Boden die Hälfte der herabgeführten Thonmasse von unten durch die Oeffnung presst, wirkt er, als ob dieselbe von unten und zwar von einer der oberen entgegengesetzt pressenden Schnecke käme und führt so einen in der ganzen Oeffnung gleichmässigen Druck herbei.

3. Das Abscheiden der Steine.

Befinden sich in dem Thon viele kleinere Steine, welche durch das Schlämmen nicht entfernt werden können, so ist es nothwendig, eine besondere Abscheidung derselben vorzunehmen. Namentlich, wenn die Steine grössere Dimensionen haben als die Wandstärken der zu pressenden Röhren, würden sie von erheblichem Nachtheile sein, da sie das Mundstück der Presse verstopfen und rissige Röhren erzeugen können. Die Vorrichtung zum Entfernen der Steine ist die gewöhnliche weiter unten zu besprechende Drainröhrenpresse, welche anstatt mit dem Mundstücke zum Pressen von Röhren mit einer siebartigen Platte, dem Steinsiebe, versehen wird. Beim Pressen tritt der Thon in dünnen Strängen aus der Pressplatte hervor, während die Steine zurückbleiben und von Zeit zu Zeit entfernt werden. Der Thon wird nach dem Abscheiden der Steine zusammengeschlagen und der Presse mit dem Röhrenmundstücke überliefert.

Zum Abscheiden der Steine bedarf es einer erheblichen Betriebskraft; zwei Arbeiter an der Kurbel sind selbst für sehr geringe quantitative Leistungen erforderlich. Auch ist die Presse bei dem Abscheiden der Steine leicht Brüchen ausgesetzt, sobald das Ausräumen der Steine nicht rechtzeitig erfolgt. Jedenfalls muss der Betrieb sehr vorsichtig stattfinden, damit kein Bruch der Zahnstange oder Getriebe eintrete.

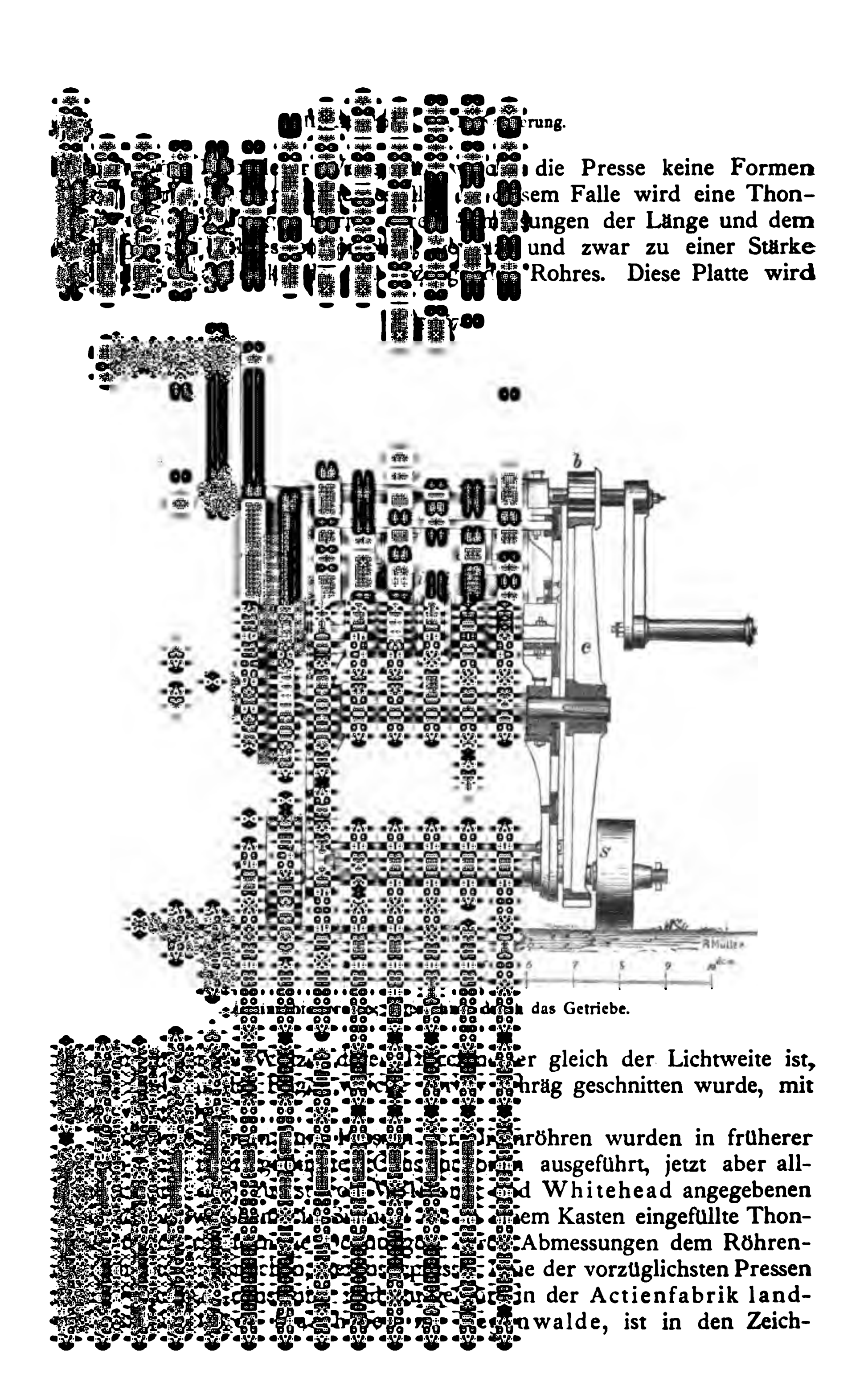
…en.

…so vorbereiteten Thon er-
… ausnahmsweise werden

Drainröhrenpresse; Längenschnitt.

…rung.

… die Presse keine Formen
…sem Falle wird eine Thon-
…ungen der Länge und dem
… und zwar zu einer Stärke
…Rohres. Diese Platte wird

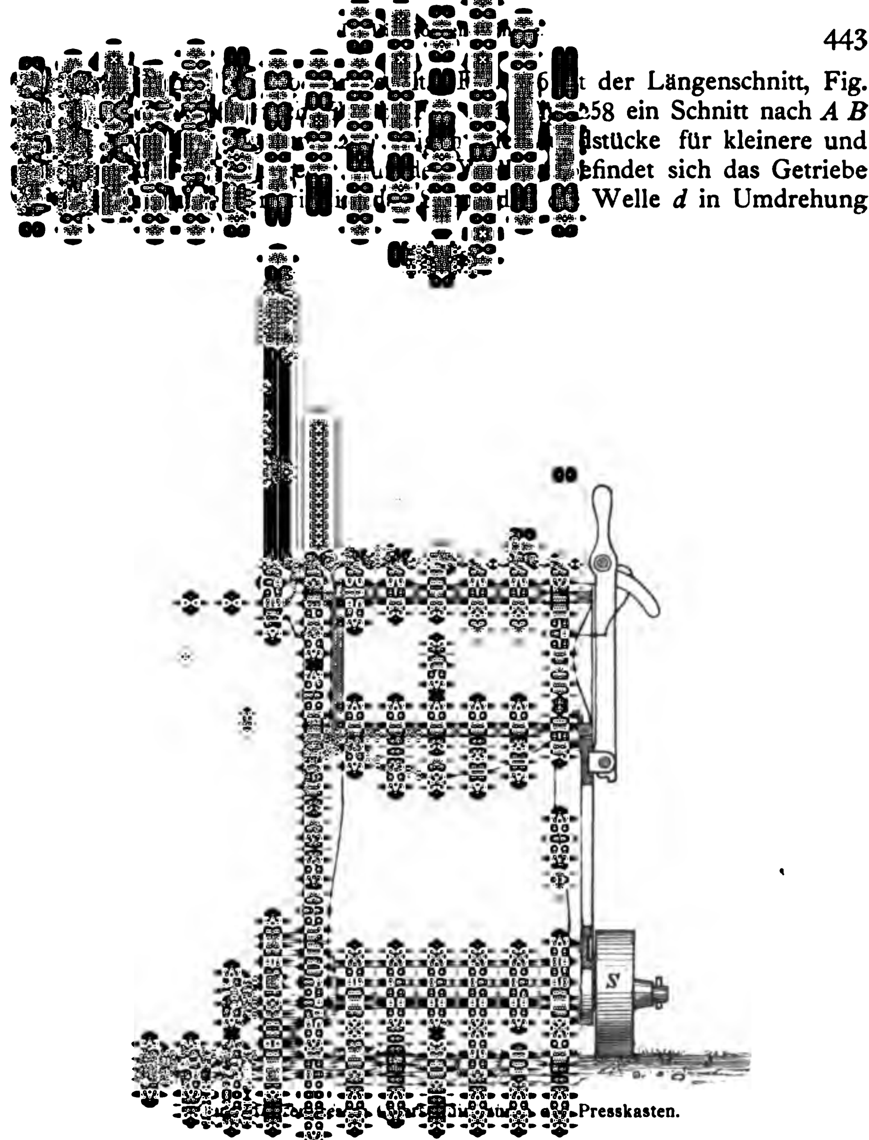


… das Getriebe.

…r gleich der Lichtweite ist,
…hräg geschnitten wurde, mit

…röhren wurden in früherer
… ausgeführt, jetzt aber all-
…d Whitehead angegebenen
…em Kasten eingefüllte Thon-
…Abmessungen dem Röhren-
…e der vorzüglichsten Pressen
…in der Actienfabrik land-
…nwalde, ist in den Zeich-

… der Längenschnitt, Fig.
… 58 ein Schnitt nach $A\ B$
… stücke für kleinere und
… findet sich das Getriebe
… Welle d in Umdrehung

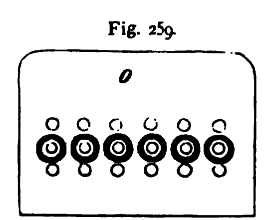


… Presskasten.

… tzten Seite derselben ist
… iff in das Stirnrad f die
… findlichen Zahnräder $h\ h$
… angen $i\ i$ in Eingriff, an
… schiebbare Stempel l be-
… mit einem Deckel m ver-
… und während der Arbeit
… ht geschlossen wird. An

der dem Stempel entgegengesetzten Seite des Presskastens ist das auswechselbare Mundstück *o* angebracht, dessen Anordnung aus dem Durchschnitte Fig. 256 und den beiden Detailzeichnungen Fig. 259 und Fig. 260 ersichtlich ist. Die Befestigung des in Verwendung kommenden Mundstückes vor dem Presskasten erfolgt ebenfalls durch einen Hebel *p*, dessen Anordnung eine ähnliche ist wie die Vorrichtung zur Befestigung

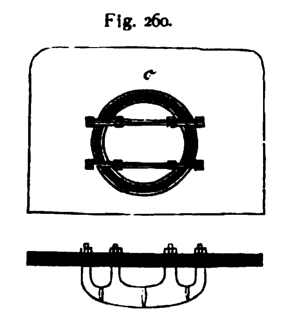
Fig. 259.



Drainröhrenpresse; Mundstück für sechs Röhren.

des Pressdeckels. Bewegt sich beim Betriebe der Maschine der Stempel in den gefüllten Kasten hinein, so gelangen die ausgepressten Röhren, aus den Formöffnungen austretend, auf den Rolltisch, welcher in Fig. 256 nur zum Theil dargestellt ist. Derselbe wird durch ein hölzernes Gestell gebildet, in welchem sich eine grössere Anzahl neben einander gelagerter Holzrollen *r* befindet, auf denen die Röhren leicht vorwärts

Fig. 260.



Drainröhrenpresse; Mundstück für ein Rohr.

gleiten. Das Abschneiden erfolgt mittelst Messingdrähte, welche in den drehbaren Bügeln *q q* eingespannt sind. Der Abstand dieser Bügel wird durch die Länge der zu erzeugenden Röhren bestimmt.

Die Maschine ruht in einem kräftigen, gusseisernen Gestell, welches zum Zwecke des bequemen Transportes mit kleinen Fahrrädern *s* versehen ist.

Die Leistung dieser Presse wird sehr verschieden angegeben; sie ist abhängig von den Dimensionen derselben, von der Zahl der in Verwendung kommenden Arbeiter und von der Güte des Thones. Auch

übt die Aufstellung der Presse bezw. die Entfernung der Trockenstände einen zuweilen nicht unerheblichen Einfluss anf die Leistung aus. Wesentlich erhöht wird diese letztere, wenn die Maschine doppelt wirkend eingerichtet ist, d. h. wenn die Zahnstange an beiden Enden mit Stempeln ausgerüstet wird, die in entsprechenden Presskästen arbeiten. In diesem Falle kann mit hinlänglich geübten Arbeitern das Pressen der Röhren nahezu continuirlich von Statten gehen; die durchschnittliche Leistung beträgt alsdann in 10 Stunden:

Röhren von	0,03	m	Lichtweite	3000	Stück,
„ „	0,05	„	„	1700	„
„ „	0,08	„	„	1000	„
„ „	0,10	„	„	800	„
„ „	0,13	„	„	550	„
„ „	0,15	„	„	450	„

Bei der Bemessung der Formen ist darauf zu achten, dass die Röhren sich während des Trocknens und Brennens zusammenziehen. Die nachstehende Uebersicht giebt die passenden Masse für die wirklichen lichten Durchmesser der Röhren an; in der letzten Columne sind auch die üblichen und durch die Praxis bewährt gefundenen Wandstärken mitgetheilt:

Durchmesser nach dem Brennen. m	Durchmesser nach dem Pressen. m	Wandstärke. mm
0,03	0,033	10
0,05	0,058	13
0,08	0,088	16
0,10	0,115	18
0,13	0,145	21
0,15	0,170	23

In der Längenabmessung findet eine noch beträchtlichere Schwindung statt und wird die Verkürzung überdies noch durch das Stauchen vermehrt. Im Durchschnitte kann angenommen werden, dass Röhren bis 5 cm Weite, welche eine Länge von 31 cm erhalten sollen, 34 cm lang, grössere Röhren 34,5 cm lang geschnitten werden müssen.

Anmerkung. Die beschriebene Drainröhrenpresse Whitehead'scher Construction wird in der Actienfabrik landwirthschaftlicher Maschinen zu Regenwalde in zwei Ausführungen hergestellt und zwar

1) Einfach wirkend nach der abgebildeten Anordnung, für Drainröhren aller Dimensionen sowie für Hohlziegel geeignet. Bedienung 2 Mann und 1 Knabe, Gewicht 1000 kg, Preis 480 M. Der Preis der Mundstücke beträgt 13 bis 16 M pro Stück.

2) Doppelt wirkend, a) mit einem Rolltische und gewöhnlichem Ab schneideapparate, Gewicht 1275 kg, Preis 670 M, b) mit 2 Rolltischen und 2 Ab schneideapparaten, Gewicht 1400 kg, Preis 700 M.

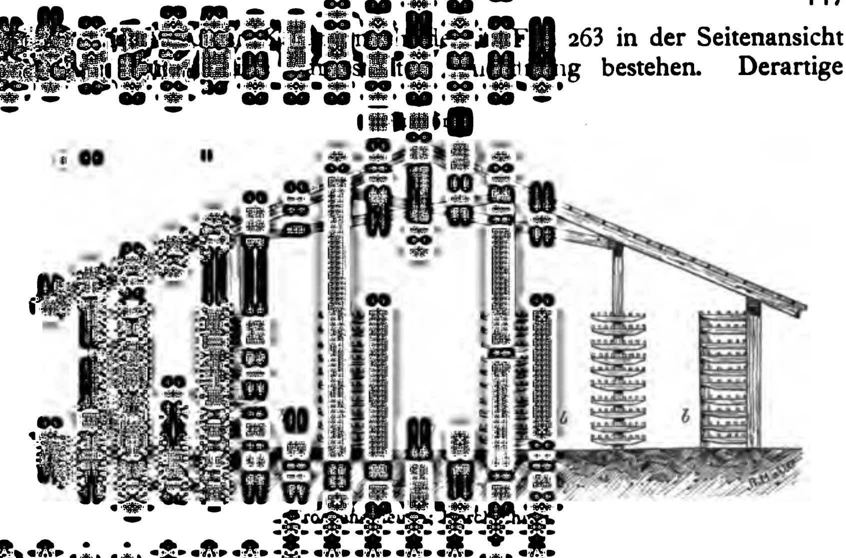
Die Angaben über die Menge des Thones, welche zu der Herstellung von 1000 Stück Röhren der verschiedenen Durchmesser nothwendig ist, weichen sehr von einander ab, da die Längen und Wandstärken der Röhren nicht unerheblich variiren. Auch stellt sich durch das mehr oder weniger starke Schwinden beim Brennen einige Verschiedenheit heraus und ebenso durch die Compression beim Pressen, welche gleichfalls in verschiedener Intensität ausgeführt wird. Möllendorff hat diese Fragen durch eine grössere Anzahl von Versuchen zu beantworten sich bemüht, deren Resultate in folgender Tabelle wiedergegeben sind:

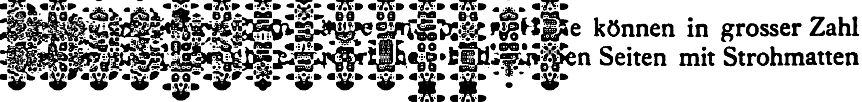
Durchmesser der Röhren. m	Gewicht der frisch gepressten Röhren. kg	Es werden aus 1 cbm Thon gefertigt Stück Röhren.	1000 Röhren erfordern an Thon (mit Zurechnung von 10 %) cbm
0,025	1,0	1918	0,58
0,033	1,2	1527	0,71
0,040	1,5	1294	0,86
0,050	1,8	1019	1,08
0,075	3,6	527	2,10
0,105	4,7	400	2,75
0,130	5,8	325	3,40

5. Das Trocknen der Röhren.

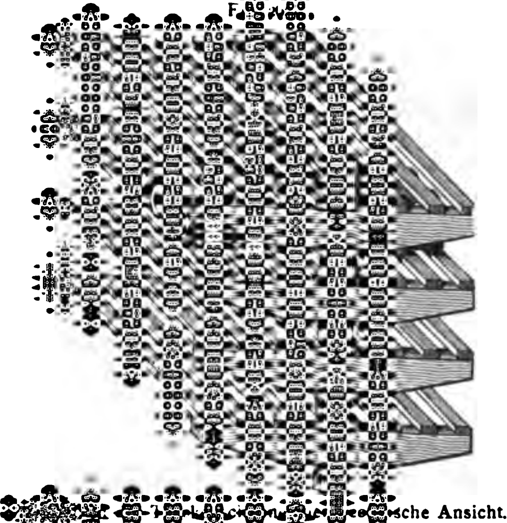
Die von der Presse abgenommenen Röhren gelangen nunmehr in den Trockenraum. Derselbe muss zum Schutze gegen Sonne und Wind überdacht und seitwärts nach Belieben abzuschliessen sein (am geeignetsten mittelst Strohmatten), weil andernfalls die Röhren leicht Risse erhalten und sich krumm ziehen. Auch müssen sie gegen die Einwirkung des Frostes sorgfältig geschützt werden, da dieser die Röhren vollständig zerstören würde. Die Gestelle, auf welchen die Röhren zum Trocknen gelegt werden, bestehen aus Lattenunterlagen mit Zwischenräumen von etwa 0,02 m Weite, durch welche die Luft hindurchstreichen kann. In Fig. 261 ist der Durchschnitt einer Trockenscheune, in Fig. 262 die perspectivische Ansicht eines Theiles des Trockengerüstes dargestellt. Die Presse wird in dem mittleren Gange der Trockenscheune aufgestellt; dieselbe rückt in dem Masse weiter vorwärts, wie die Gestelle angefüllt werden; die Weite des Ganges beträgt passend 2 m. Zwischen den einzelnen Trockengerüsten sind schmalere Gänge *b b* von 0,80 m Weite eingerichtet, durch welche man mit Handkarren bequem verkehren kann. Für kleineren Betrieb eignen sich auch transportable Trockengestelle,

263 in der Seitenansicht
g bestehen. Derartige





e können in grosser Zahl
en Seiten mit Strohmatten



sche Ansicht.

m Transporte der Röhren,
neben einander in einem

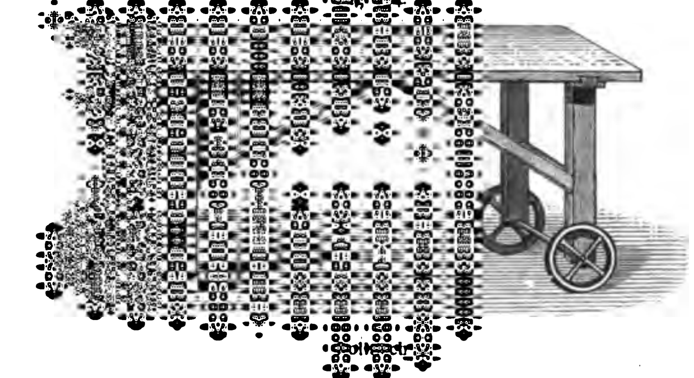
eller als in der Mitte; es
elben sich krumm ziehen,

…ung.

… geben würden. Um diesen … trockenen Röhren von den … nsportablen Tisch der in … und hier mittelst eines … lt. Der Tisch wird in dem

… und Durchschnitt.

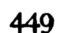
… den Gestellen vorwärts ge- … as Mangelholz werden mit … anhaftet; von Zeit zu Zeit … mit zu vielem Thon unter- … n gleichzeitig die zuweilen … en ausgebessert und zwar



… en, bis das Rohr durchweg

… folgen, weil in diesem Falle … tigem Winde oder starkem … r Seitenwände des Trocken-

… rzer Zeit von Statten; nach … regelmässigen Haufen über-



...en.

...von Drainröhren zu ver-
... kleineren Abmessungen

...itt.

...nitt.

... consumiren viel Brenn-
...llen mit Ziegelsteinen, um
...nach, falls eine grössere
...ss, eigene Oefen herzu-

stellen, für welche namentlich die englischen Röhrenöfen als gute Muster bezeichnet werden können. Es sei jedoch voraus bemerkt, dass diese fast durchweg für Steinkohlenfeuerung eingerichtet sind, wonach es nothwendig wird, falls anderes Brennmaterial zur Verwendung gelangen soll, die Roste und Züge in grösseren Abmessungen herzustellen und zwar mit Zugrundelegung der Erfahrungen, welche bei dem Bau von Ziegelöfen mit Holz-, Braunkohlen- oder Torffeuerung gemacht worden sind.

Als Beispiel eines guten Brennofens für Drainröhren ist in Fig. 265 und 266 der Parkes'sche Ofen in dem Vertical- und Horizontalschnitte dargestellt. Der Ofen besitzt zehn Feuerungen *a*, deren Roste aus feuerfesten Steinen hergestellt sind; unter denselben befinden sich die Aschenfälle *b*. *A* in Fig. 266 ist der Horizontalschnitt des unteren Theiles des Ofens, in welchem als Unterlage für die zu brennenden Drainröhren die Ziegelsteinschichten *Z* eingesetzt sind; die andere Seite *B* ist im oberen Theile des Ofens geschnitten. Durch die Oeffnungen *c*, welche mit Deckeln aus gebranntem Thon geschlossen werden, wird das Brennmaterial eingegeben. Die Pfeiler *d*, welche sich zwischen je zwei Feuerungen befinden, dienen zur Verstärkung der Umfassungswände des Ofens. *e* sind starke eiserne Reifen, mittelst welcher der Ofen gebunden wird, *ff* die Zuglöcher in der gewölbten Decke des Ofens. Das Einsetzen der Röhren erfolgt durch eine seitliche Oeffnung, welche nach dem Anfüllen vermauert wird; die letzten Röhren werden durch die Oeffnung *g* im Gewölbe eingebracht, durch welche auch der Einsetzer heraussteigt.

Der Ofen erhält einen lichten Durchmesser von etwa 4 m, eine Wandhöhe von 2,20 m und eine Höhe im Gewölbe von 2,50 m; er fasst 12 000 Röhren verschiedener Abmessungen und brennt 45 bis 60 Stunden, wozu etwa 2700 kg Kohlen erforderlich sind.

Annähernd lässt sich die Zahl der cylindrischen Röhren, welche in einem Ofen von bestimmten Abmessungen untergebracht werden kann, danach bestimmen, dass wenn die Röhren dicht neben einander gestellt werden, $^6/_7$ des Ofenquerschnittes gleich der Summe sämmtlicher Röhrenquerschnitte ist. Ist demnach D der Durchmesser eines cylindrischen Ofens, d der äussere Durchmesser der Röhren, so beträgt die Zahl der in einer Etage, deren Höhe gleich der Länge der Röhren ist, unterzubringenden Röhren

$$\frac{6\,D^2}{7\,d^2}.$$

Die Röhren werden vertical aufgestellt und werden die kleineren, um Raum zu ersparen, in die grösseren hineingesteckt, jedoch derartig, dass ein angemessener Zwischenraum verbleibt. Es darf desshalb niemals eine Röhre in die nächst grössere Nummer, sondern sie muss in die zweitgrössere hineingesteckt werden, so dass zwischen beiden ein freier Raum für den Durchzug der heissen Verbrennungsgase bleibt. Die

oberen Schichten Röhren können, falls dieses für die Ausnutzung des Raumes vortheilhafter sein sollte, gelegt werden. Im unteren Theile darf dies nicht geschehen, da sonst durch den Druck der darauf lastenden Röhren viel Bruch entstehen würde.

Es empfiehlt sich, das Einsetzen der Röhren und die Leitung des Brennofen-Betriebes einem erfahrenen Ziegler zu überlassen, da durch Fehler in den bezüglichen Manipulationen wesentliche Verluste entstehen. Zu der Feuerung darf nur gutes Brennmaterial verwendet werden und ist namentlich auf eine möglichst gleichmässige Hitze hinzuarbeiten. Der Leiter des Ofens hat dabei auch die Windrichtung zu beobachten, da diese einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Gleichmässigkeit des Brandes ausübt. Zuweilen wird bei heftigem Winde das Feuer vollständig nach einer Seite hin gedrängt. Bei liegenden Oefen wird in diesem Falle die Ausgleichung dadurch bewirkt, dass auf der Seite, nach welcher das Feuer hingeleitet wird, weniger stark gefeuert wird; bei stehenden Oefen sucht man durch Oeffnen und Schliessen der angebrachten Register die erforderliche Gleichmässigkeit zu erzielen.

Sind einzelne Röhrenpartien, was häufig vorkommt, beim Entleeren des Ofens nicht gehörig durchgebrannt, so dürfen sie in diesem Zustande nicht verwendet werden, da sie der Feuchtigkeit nicht widerstehen und binnen Kurzem zusammenfallen würden. Sie werden vielmehr bei dem nächsten Brande wieder in den Ofen eingesetzt und zwar an einer Stelle, welche nicht die stärkste Hitze erhält.

Verwendung der Röhren von verschiedenem Durchmesser. Für die Fabrication der Röhren ist es von Wichtigkeit, das Verhältniss zu kennen, in welchem die Röhren von verschiedenem Durchmesser benutzt werden. Bei einer speciellen Ausführung ermittelt sich dieses Verhältniss nach dem Entwurfe der Anlage. Ein allgemeines Gesetz über dasselbe aufzustellen, ist nicht zulässig, da die Zahl der Röhren von verschiedenem Durchmesser je nach dem Gefälle und der Grösse der zusammenhängenden Systeme sehr verschieden ausfallen muss: in ebenen Gegenden wird die Zahl der Röhren von stärkerem Durchmesser stets eine grössere sein als in gebirgigen Gegenden. Einige Angaben sollen hier jedoch aufgeführt werden, da dieselben für Ueberschlags-Berechnungen immerhin von Werth sind.

Nach Möllendorff, welcher die bezüglichen Daten aus einer grösseren Zahl von Drainplänen für die verschiedensten Terrainverhältnisse ausgezogen hat, ist der Bedarf der

Röhren	von	1	Zoll	(0,026 m)	Durchmesser	41,5	Procent,
„	„	1¼	„	(0,03 „)	„	48,3	„
„	„	1½	„	(0,04 „)	„	0,2	„
„	„	2	„	(0,05 „)	„	4,6	„
„	„	3	„	(0,08 „)	„	3,2	„
„	„	4	„	(0,10 „)	„	2,0	„
„	„	5—7	„	(0,13—0,18 m)	„	0,2	„

Bei den von Fegebeutel ausgeführten Drainirungen der Breitenfelder Drainagegenossenschaft (Regierungsbezirk Marienwerder) ergab sich das procentische Verhältniss der Röhren von verschiedenem Durchmesser wie folgt:

Röhren von	1¼	Zoll	(0,03 m)	Durchmesser	87,7 Procent,
„ „	2	„	(0,05 „)	„	5,4 „
„ „	3	„	(0,08 „)	„	4,5 „
„ „	4	„	(0,10 „)	„	1,4 „
„ „	5	„	(0,13 „)	„	0,6 „
„ „	6	„	(0,15 „)	„	0,4 „

Bei der auf Tafel I dargestellten Drainage zu Wolfsbach stellte sich das Verhältniss der einzelnen Röhrengattungen nach den Angaben Seite 410:

Röhren von	0,04 m	Durchmesser	69,4	Procent,
„ „	0,05 „	„	22,4	„
„ „	0,08 „	„	6,0	„
„ „	0,10 „	„	1,5	„
„ „	0,13 „	„	0,6	„
„ „	0,15 „	„	0,01	„

Nimmt man an, dass die Röhren bis 0,05 m Weite zu den Saugdrains, die folgenden Grössen ausschliesslich zu den Sammeldrains verwendet werden, so ergeben die drei angeführten Beispiele von Drainagen unter den verschiedensten Verhältnissen

Röhren für Saugdrains:	94,6,	93,1,	91,8,	im Mittel	93,2 Procent,
„ „ Sammeldrains:	5,4,	6,9,	8,2,	„ „	6,8 „

h. Die Kosten der Röhrendrainage.

Die Veranschlagung der Kosten einer Drainirung lässt sich nur mit Zugrundelegung eines speciellen Falles durchführen, da bei der Höhe derselben verschiedene Umstände concurriren, welche je nach den localen Verhältnissen ausserordentlich wechseln. Einen nicht unerheblichen Theil der verursachten Kosten nehmen die Arbeitslöhne für das Erstellen der Gräben in Anspruch; dieselben sind jedoch je nach den mehr oder minder erheblichen Schwierigkeiten, welche die Grabenarbeit verursacht, derartig verschieden, dass sich kein allgemeines Schema für die bezüglichen Kosten aufstellen lässt. Das Folgende kann demnach nur eine Uebersicht geben, nach welcher die Kosten mit Zugrundelegung der den localen Verhältnissen entsprechenden Werthe zu berechnen sind. Die Kosten setzen sich zusammen aus

1) der Erstellung des Planes,
2) den Kosten der Röhren,
3) der Herstellung der Gräben,
4) dem Legen der Röhren,

5) der Bedeckung derselben,
6) der Beschaffung der Vorfluth und Construction der Ausläufe,
7) den Kosten der Aufsichtsführung,
8) allgemeinen Unkosten, als Abnutzung und Instandhaltung der Werkzeuge, Ueberwindung besonderer Schwierigkeiten u. s. w.

Für die Bemessung der Kosten können hier nur nachfolgende allgemeine Gesichtspunkte angeführt werden:

1) Die Erstellung des Planes. Einfachere und kleine Drainirungen kann der Grundbesitzer, wenn er die Principien der Drainage kennt und mehrfach derartige Arbeiten gesehen hat, selbst ausführen, besonders wenn das Terrain ein gleichmässiges Gefälle besitzt und genügende Vorfluth vorhanden ist. Für grössere und complicirte Anlagen, namentlich auf coupirtem Terrain, muss der Grundbesitzer die Hilfe eines erfahrenen Draintechnikers in Anspruch nehmen. Die Arbeit desselben besteht in der Untersuchung des Bodens, in der Ermittlung der Vorfluth, etwaiger Regulirung derselben, den erforderlichen Nivellements, dem Abstecken der Saug- und Sammeldrains direct auf dem Terrain und der Anfertigung einer Skizze, aus welcher namentlich die Tiefe der einzelnen Röhrenstränge und die Weite derselben zu ersehen sind.

Detaillirte Drainpläne mit vollständiger geometrischer Aufnahme des Terrains sind nur bei ausgedehnten Anlagen und bei den Vorarbeiten für Drainagegenossenschaften erforderlich, wo eine genaue Unterlage für die vorzunehmende Vertheilung der Kosten nothwendig ist. Ferner überall da, wo eine Prüfung der correcten Durchführung des Projectes von Seiten hierzu Verpflichteter oder Berechtigter stattfindet, wie dies z. B. der Fall ist, wenn die Drainirung mit Hilfe von Staats- oder Rentenbank-Subventionen bezw. -Darlehnen erfolgt.

Die Sätze, welche die Draintechniker für die Projectirung der Anlagen berechnen, weichen nicht unerheblich von einander ab; sie variiren je nach der Grösse der Fläche, dergestalt, dass die Kosten für das Project pro Flächeneinheit um so niedriger ausfallen, je grösser die in die Entwässerung einzuziehende Fläche ist; ferner nach der Entfernung des Gutes von dem Wohnorte des Draintechnikers, nach den Schwierigkeiten der Aufnahme u. s. w. Im Durchschnitte betragen dieselben pro Hektar 4 bis 7 M.

Anmerkung. Die Sätze, welche der Culturingenieur der k. k. Landwirthschafts-Gesellschaft in Wien für Grossgrundbesitzer zu berechnen hat, sind (ausser den Reisekosten und einem Tagegelde von 5 Gulden) für den Entwurf des Planes und den Kostenanschlag folgende:

Bei einer Grösse des Objectes bis 5 Joch*) per Joch 2 Gulden ö. W.; bei grösseren Objecten werden die ersten 5 Joch ebenfalls mit je 2 Gulden berechnet, während für die folgenden nachstehender Tarif gilt:

---

*) 1 Joch = 0,57 ha.

für das 6.—10. Joch je 60 Kreuzer per Joch,
" " 11.—20. " " 50 " " "
" " 21.—50. " " 40 " " "
" " 51. Joch und darüber " 30 " " "

2) Die Kosten der Röhren sind nach den localen Verhältnissen und nach der Art der Beschaffung sehr verschieden. Bei eigener Fabrication stellen sich dieselben in der Regel niedriger als bei dem Bezuge aus einer Fabrik, jedoch nur wenn die Herstellung in einigermassen umfassender Ausdehnung betrieben werden kann. Befindet sich auf der Besitzung bereits eine Ziegelei und hat man den geeigneten Thon, so wird die Erzeugung der Röhren von keinen wesentlichen Schwierigkeiten begleitet sein und der Preis derselben auch niedriger zu stehen kommen als beim Ankaufe. Zweifelhaft ist dagegen der Erfolg, wenn das Rohmaterial angekauft und alle Einrichtungen, als Schlämmapparat, Pressen, Trockenräume und Brennöfen neu errichtet werden müssen. Hier ist es nothwendig, einen sorgfältigen Calcül der Anfertigungskosten vorzunehmen, ehe zu der Fabrication geschritten wird.

Die Preise der Drainröhren waren in neuester Zeit ausserordentlich schwankend; im Durchschnitte stellten sich dieselben in Deutschland folgendermassen:

Lichtweite der Röhren m	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15
Preise für 1000 Stück M	30—35	50—60	80—100	100—140	160—200	200—240

In Oesterreich betragen die Preise der Drainröhren derzeit (1884)

für 1000 Stück . . ö. W. fl	16—20	21—25	33—36	50—52	65—70	80

Wegen des unvermeidlichen Bruches beim Transporte, Abladen und Legen der Röhren sind 4 Procent Röhren mehr in Anschlag zu bringen als gelegt werden müssen, also anstatt 25 Röhren stets 26.

3) Die Erstellung der Gräben. Die Grabenarbeit ist womöglich nach Accordsätzen zu verdingen und demnach der Preis derselben für eine bestimmte Tiefe pro Längeneinheit zu vereinbaren. Nur wo aussergewöhnliche Schwierigkeiten vorkommen, wie solche durch Triebsand und grosse Steine im Boden verursacht werden, wo also jeder Anhalt über die Normalleistung fehlt, ist die Arbeit in Tagelohn auszuführen. Da die Höhe der Arbeitslöhne in den verschiedenen Gegenden und auch zu verschiedenen Zeiten ausserordentlich schwankt, so lassen sich hierüber keine festen Sätze aufstellen. Es kommen jedoch immer folgende Gesichtspunkte in Betracht:

Die Grabenarbeit richtet sich nach der zu bewegenden Erdmasse und der Tiefe der Gräben; mit der Tiefe nimmt die Schwierigkeit der

Arbeit zu. Die zu bewegende Erdmasse hängt von dem Profile des Grabens ab; es ist demnach empfehlenswerth, zur Verringerung derselben die Gräben so schmal wie möglich zu erstellen, wozu man sich der Seite 418 u. f. beschriebenen, vervollkommneten Drainwerkzeuge bedient. Die obere Breite der Gräben für Saugdrains ist wie folgt zu bemessen:

Tiefe der Gräben m	In Thonboden m	In Lehmboden m	In Sandboden m
1,25	0,30—0,42	0,42—0,50	0,52—0,58
1,50	0,42—0,52	0,52	0,63
1,80	0,52	0,57	0,68
2,20	0,52	0,60	0,75

Die Gräben der Sammeldrains erhalten eine um 0,05 bis 0,10 m grössere obere Breite, weil sie in der Regel länger als die Gräben der Saugdrains offen bleiben müssen. Die Sohlenbreite der Gräben soll dem äusseren Durchmesser der zu legenden Röhren entsprechen. Bei der Tiefe der Gräben von 1 bis 1,50 m ist ein erheblicher und in die Kostenberechnung einzuziehender Unterschied in der Zeit, welche zum Auswerfen einer bestimmten Erdmenge erforderlich ist, nicht vorhanden. Bei grösserer Tiefe vermindert sich aber die Menge des in bestimmter Zeit zu hebenden Erdmaterials.

Als Unterlage für die Festsetzung der Accordpreise giebt folgende Uebersicht die stündliche Leistung eines Arbeiters beim Erstellen der Draingräben:

Bodenart	Bei einer Tiefe von		
	1—1,50 m cbm	1,50—2 m cbm	2—2,20 m cbm
Thonboden	0,28—0,30	0,25—0,26	0,20—0,24
Lehmboden	0,27—0,45	0,26—0,40	0,25—0,35
Sandiger Lehmboden	0,45	0,40	0,35
Sandboden	0,50—0,55	0,45—0,47	0,40—0,44
Kalkboden	0,30—0,35	0,25—0,30	0,22—0,24
Moor- und Torfboden . . .	0,55—0,60	0,45—0,50	0,40—0,45

Ist der Sandboden so hart, dass er mit der Picke bearbeitet werden muss, so kann in ihm nicht mehr als in Lehmboden gefördert werden.

Wenn in dem zu bearbeitenden Boden viele Steine bis zu 0,15 m Durchmesser vorkommen, so ist es zweckmässig, die Accordsätze nach der

vorstehend angegebenen Arbeitsleistung zu berechnen, die ausgehobenen Steine aber neben den Gräben in dem Steinmasse (Cubikmeter) aufsetzen zu lassen und für dieselben den Arbeitern den in der Gegend üblichen Lohn für Steinbrecherarbeit ausser dem Accordsatze des Grabenöffnens zu vergüten.

Die Accordsätze für das Ausheben der Gräben betragen im Durchschnitte pro laufendes Meter bei der Tiefe von 1,25 m 8 bis 14 Pfennige, wenn der Boden mittelst der Drainspaten gegraben werden kann, dagegen 20 bis 30 Pfennige, wenn derselbe nur mit der Hacke ausgehoben werden kann. In Oesterreich werden für das Ausheben der Gräben auf 1,25 m Tiefe (in der Regel einschliesslich des Legens der Röhren und Zuwerfen der Gräben) 6 bis 8 Kreuzer pro Meter Länge gezahlt, sobald keine ausserordentlichen Schwierigkeiten zu überwinden sind.

4) Das Legen der Röhren. Das Heranschaffen der Röhren von dem Erzeugungsorte bis zu dem zu drainirenden Felde verursacht zuweilen nicht unbeträchtliche Kosten. Dieselben ergeben sich aus dem Gewichte der Röhren, den Frachtsätzen für den Transport auf Eisenbahnen oder Strassen und der Entfernung. Das Gewicht der Röhren muss bei genauen Veranschlagungen für ausgedehntere Anlagen in jedem speciellen Falle ermittelt werden, da dasselbe je nach Art des zur Verwendung gelangten Thons und der Wandstärke der Röhren nicht unbeträchtlich variirt. Im Durchschnitte stellen sich die Gewichte von 1000 Röhren in angemessener Stärke wie folgt:

Lichter Durchmesser . . . m	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15
Gewicht kg	600—750	1120—1250	2200—2400	3000—3500	4000—4750	6000

Die Röhren werden längs der Draingräben ausgelegt; das Zutragen und Auslegen sowie das letzte Reinigen erfordern eine Stunde Zeit für 12 m Röhrenlänge. Ein Arbeiter ist im Stande, in einer Stunde mittelst des Legehakens zu legen:

Lichter Durchmesser . . m	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15
Stückzahl	80—90	90—100	100—120	100—120	100—110	90—100

Sollen Röhren von noch grösserer Weite in Verwendung kommen, so werden dieselben mit der Hand gelegt, wobei der Arbeiter auf den bereits gelegten Röhren stehen und der Graben demnach die angemessene Breite erhalten muss. Die Leistung ist hierbei die nämliche wie beim Legen der Röhren von 0,13 und 0,15 m Lichtweite mittelst des Legehakens.

5) Das Zuwerfen der Gräben. Im Allgemeinen lässt sich annehmen, dass das Bedecken der Gräben $^1/_6$ der zum Aufwerfen derselben erforderlichen Zeit in Anspruch nimmt.

6—8) In Bezug auf die Arbeiten für Beschaffung der Vorfluth, die Kosten der Aufsichtsführung sowie für etwaige besondere Unkosten lassen sich keinerlei allgemeine Anhaltspunkte geben; die bezüglichen Ausgaben richten sich ganz nach den localen Verhältnissen. Bei Beschaffung der Vorfluth müssen zuweilen, wenn die Ableitung des Wassers durch fremde Grundstücke erfolgt, Entschädigung für Uebernahme von Grundstücken oder für die dem unterhalb liegenden Grundbesitzer während der Arbeit entgangene Nutzung in Berechnung gestellt werden. Bei der Veranschlagung der Kosten für Erstellung bezw. Regulirung offener Gräben kann die Seite 242 gegebene Tabelle über die Arbeitsleistung beim Erdtransporte vortheilhaft benutzt werden.

Für die Aufsichtsführung bei der Arbeit sind 1 bis 2 Procent der Gesammtkosten in Anschlag zu bringen.

Es liegt in der Natur der Sache, dass die Gesammtkosten der Drainanlagen sich sehr verschieden stellen. Abgesehen von der Grabenarbeit üben die Entfernung der Saugdrains, die Grösse der Systeme und die mehr oder minder erheblichen Schwierigkeiten bei der Vorfluthbeschaffung einen wesentlichen Einfluss auf diese aus. Im Durchschnitte, und zwar in den Fällen, dass keine aussergewöhnlichen Schwierigkeiten zu überwinden sind, ergeben sich die Kosten pro Hektar ausschliesslich der etwa nöthigen Regulirung von Vorfluthgräben auf 160 bis 220 M, bei schwierigen Bodenverhältnissen und hohen Arbeitslöhnen bis 300 M; in Oesterreich (speciell Niederösterreich), wenn keine ausserordentlichen Schwierigkeiten vorkommen, auf 100 bis 110 Gulden ö. W. So kostete z. B. die auf Taf. I dargestellte Drainage zu Wolfsbach im Ausmasse von 63 ha 6900 Gulden ö. W.

Die Berechnung der Kosten erfolgt mit Hilfe eines Voranschlages, dessen zweckmässige Anordnung die Uebersichtlichkeit wesentlich erleichtert. Empfehlenswerth ist die Verwendung des hier folgenden Schemas, welches in der Abtheilung 5 schliesslich die Summe der Grabenarbeit und der Röhren liefert. Die übrigen Kosten werden in einem Anhange beigefügt.

Vorausmass und Kostenvoranschlag

zur Drainage in ....

....

1.		2.						3.							4.				5.		6.
System		Draingräben						Stückzahl der Drainröhren							Kosten der Drainröhren				Kosten der Systeme		An-merkung
Nr.	Fläche in Hektar	Entfernung	Mittlere Tiefe	Länge	Preis pr. Meter	Kosten zusammen		0,15 m 6″	0,13 m 5″	0,10 m 4″	0,08 m 3″	0,05 m 2″	0,04 m 1½″	0,03 m 1¼″	per Mille		zu-sammen				
		m			Pf.	M.	Pf.								M	Pf.	M.	Pf.	M.	Pf.	

i. Der Erfolg der Drainage.

Die günstigen Wirkungen der Drainage treten nur bei sehr durchlassendem Boden unmittelbar nach der Ausführung derselben ein; in der Regel bedarf es einer gewissen mehr oder minder langen Zeit und stets einer angemessenen Behandlung des Bodens, um den Erfolg möglichst bald und sicher zu erzielen. Rührt die stauende Nässe lediglich von Grundwasser her, so zeigt sich die Wirkung der Trockenlegung oft überraschend schnell, namentlich wenn die Röhren zu angemessener Tiefe in die wasserführenden Schichten hineingelegt wurden. Ist dagegen die Versumpfung in der Hauptsache dem Tagewasser zuzuschreiben, welches in schwerem, bindigem Boden eingedrungen ist und hier nicht schnell genug weggeschafft werden kann, so tritt der erwartete Erfolg oft erst nach einer Rotation, jedenfalls erst nach mehreren Jahren, vollständig ein. Denn nur allmählig können sich die Risse und Canäle im Boden bilden, welche das Wasser schnell den Drains zuführen, hierbei den Boden mürbe machen, ihn durch die Einwirkung der dem Wasser nachströmenden Luft entsäuern und so in werthvollen Ackerboden umwandeln.

Durch eine angemessene Behandlung des Bodens nach ausgeführter Drainage lässt sich die Wirksamkeit derselben erheblich beschleunigen. Die wichtigste Arbeit ist zunächst ein gründliches Tiefpflügen und zwar zu grösstmöglicher Tiefe. Es eignen sich hierzu am besten die Untergrundpflüge und Grubber, welche den Boden bei angemessener Bespannung bis auf 0,30 m Tiefe durchlockern. Nachdem im Herbste gepflügt und gegrubbert wurde, bleibt der Boden am besten den Winter über in rauher Furche liegen. Das Untergrundpflügen beschleunigt die Wirksamkeit der Drainage ausserordentlich; bei dem bisherigen Flachpflügen hat sich in der Pfluggangtiefe zumeist eine harte Sohle gebildet, welche durchbrochen werden muss, wenn man dem Wasser einen regelmässigen Abfluss zu den Drains verschaffen will. Die Grubber und Untergrundpflüge besitzen für den vorliegenden Zweck den Vortheil vor den Rajolpflügen, dass sie den Untergrund nicht heraufbringen, sondern denselben nur lockern. Unmittelbar nach Ausführung der Drainage möchte es in den meisten Fällen nicht räthlich erscheinen, den Boden zu wenden, da derselbe im Untergrunde häufig in Folge des Abschlusses der Luft schädliche Verbindungen enthält, welche erst in der Folge nach gehöriger Durchlüftung des Bodens beseitigt werden.

Allgemein hält man es für räthlich, in dem ersten Jahre nach der Drainirung Hackfrüchte zu bauen. Die Erträge derselben sind zumeist sehr günstige; auch ist man im Stande, bei der Cultur derselben die noch vorhandenen Unkräuter vollkommen zu zerstören. In der Folge ist alsdann eine gründliche Düngung vorzunehmen, namentlich, wenn man beim Pflügen tiefere Schichten des Untergrundes heraufbringen will.

Der Erfolg der Drainage spricht sich bei richtiger Behandlung desselben aufs Deutlichste aus. Der Boden kann jetzt rechtzeitig bestellt

werden; die Bearbeitung geht leichter vor sich als vor der Drainage. Künstliche Düngemittel, welche bei nassem Boden keinen oder nur einen sehr beschränkten Nutzen gewähren, können nach der Drainirung in erfolgreichster Weise angewendet werden. Der Boden wird wärmer, wodurch die Vegetation sich schneller, sicherer und ertragreicher entwickelt; die Unkräuter vergehen, da ihr Gedeihen zumeist an das Vorhandensein stagnirenden Wassers geknüpft ist. Die chemische Zusammensetzung des Bodens ändert sich in vortheilhaftester Weise durch die Einwirkung der Luft, welche jetzt ungehinderten Zutritt zu dem Untergrunde erhält. Die tiefe Lockerung gestattet ein Eindringen der Pflanzenwurzeln zu grösserer Tiefe; ein Auffrieren des Bodens und ebenso viele Krankheiten der Culturgewächse verschwinden nach erfolgter Trockenlegung.

Die erhöhte Temperatur des drainirten Bodens gegenüber dem undrainirten trägt wesentlich zu den günstigen Erfolgen der Drainage bei. Die Thatsache, dass drainirte Böden wärmer sind als undrainirte, wird durch verschiedene Messungen bestätigt. Bei Versuchen von Parkes ergaben sich folgende Temperaturen:

Zustand des Bodens	In einer Tiefe von	
	0,30 m	0,18 m
Undrainirt	7,8°	8,3°
Drainirt	9,4 bis 13,9°	10,6 bis 18,9°

Die Beobachtungen von Schober über die Temperatur des drainirten Bodens wurden ein Jahr hindurch in Tharand fortgesetzt, wobei sich folgende Monatsmittel ergaben:

Monat		Mittlere Temperatur der Luft	Mittlere Temperatur des Drainwassers	Mittlere Bodenwärme in einer Tiefe von			
				0,07 m	0,14 m	0,28 m	0,57 m
Februar	1853	— 3,0	+ 2,0	— 1,1	— 0,5	0,0	+ 0,5
März	"	— 3,1	+ 1,9	— 0,7	— 0,1	0,0	+ 0,3
April	"	+ 3,9	+ 3,4	+ 3,0	+ 3,5	+ 2,9	+ 2,6
Mai	"	+ 11,7	+ 7,0	+ 10,1	+ 10,2	+ 9,1	+ 7,5
Juni	"	+ 16,2	+ 10,0	+ 15,7	+ 15,9	+ 14,9	+ 13,6
Juli	"	+ 18,2	+ 12,0	+ 17,7	+ 17,9	+ 17,5	+ 16,1
August	"	+ 17,0	+ 12,3	+ 16,5	+ 16,7	+ 16,5	+ 15,9
September	"	+ 14,5	+ 12,0	+ 12,2	+ 13,1	+ 13,4	+ 13,6
October	"	+ 10,1	+ 9,6	+ 7,6	+ 8,5	+ 9,0	+ 9,5
November	"	+ 1,7	+ 8,3	+ 3,0	+ 9,3	+ 4,5	+ 5,3
December	"	— 5,0	+ 3,0	— 2,2	— 1,4	— 0,8	+ 0,5
Januar	1854	— 0,4	+ 1,3	— 1,0	— 0,9	— 1,0	— 0,2
Im Mittel:		+ 6,8	+ 6,9	+ 6,7	+ 6,7	+ 7,3	+ 7,2

Aus den Mittelwerthen ergiebt sich, dass die Temperatur des Drainwassers gleich der Lufttemperatur war und dass der Boden in einer Tiefe von 0,28 m bereits eine höhere Temperatur besass als die Luft. Ferner zeigt die Tabelle, dass im Winter die Temperatur des Drainwassers höher war als die Bodenwärme bei 0,57 m Tiefe, während im Sommer das Umgekehrte der Fall war.*)

Aus den verschiedenen Beobachtungen geht übereinstimmend hervor, dass die Temperatur des drainirten Bodens eine höhere ist als die des undrainirten; ein Theil der günstigen Wirkung der Drainage auf die Vegetation ist ohne Zweifel diesem Umstande zuzuschreiben.

Als ein für viele Verhältnisse entschieden günstiges Resultat der Drainage muss auch noch bezeichnet werden, dass durch dieselbe eine ebene Bestellung der Felder ermöglicht wird, dass somit die Beete überflüssig werden. Es gewährt dies den Vortheil, dass der Boden überall gleich tief bearbeitet und allen Pflanzen ein gleichmässiger Standort angewiesen werden kann.

Dagegen lassen sich die Wasserfurchen durch die Drainage keineswegs einziehen, wie dies mehrfach behauptet wurde. Ihre Aufgabe besteht darin, das bei starken Niederschlägen schnell zusammenfliessende Tagewasser gleichmässig abzufangen und von dem Acker abzuführen, ehe sich dasselbe zu einem grösseren Strome vereinigt und die Ackererde abschwemmt. Diese Aufgabe wird ihnen somit immer verbleiben müssen und können sie in keiner Weise bei ausgeführter Drainage entbehrt werden.

Was schliesslich den Erfolg der Drainage in Bezug auf die Ernteerträge betrifft, so ist wohl bei keiner einzigen Melioration ein so übereinstimmend günstiges Ergebniss zu registriren wie bei der Drainage. In allen Ländern hat sich das Nämliche herausgestellt: die Erträge sind zumeist auf das Doppelte und Dreifache gegangen; die Unsicherheit derselben hat aufgehört und zeigten die Früchte auch erheblich bessere Qualität. Vielfach hat man Gelegenheit gehabt, vergleichende Versuche über den Erfolg der Drainage anzustellen, indem ein Theil der Grundstücke noch undrainirt war, ein anderer bereits drainirt. Hier zeigten sich alsdann die günstigen Folgen in überraschendster Weise; oft hat der Mehrertrag einer einzigen Ernte die doch immerhin nicht unerheblichen Kosten der Anlage bezahlt gemacht. Ich unterlasse es, specielle Beispiele aufzuführen, aus welchen sich der günstige Erfolg der Drainage ziffermässig ergiebt, da fast alle diese Mittheilungen übereinstimmend sagen: „Die Erträge sind nach der Drainage auf das Doppelte und darüber gestiegen." Wo in ganz vereinzelten Fällen diese Thatsache nicht constatirt worden ist, ist die Schuld entweder in der Unangemessenheit der Drainage für die betreffenden Verhältnisse oder in fehlerhafter Anlage zu suchen.

*) Diese Versuche erstreckten sich leider nicht bis zur Temperaturmessung in der Tiefe der Drainstränge sowie auf Vergleiche über die Temperatur des drainirten und undrainirten Bodens.

E.

DIE ENTWÄSSERUNG UND CULTUR DER MOORE.

Jede rationelle Cultur des Moorbodens muss durch eine Entwässerung bezw. Senkung des Grundwasserspiegels eingeleitet werden. Erst nachdem diese ausgeführt worden ist, kann der Boden durch Zerstörung der den Culturpflanzen schädlichen Säuren und durch angemessene Düngung in Bewirthschaftung genommen werden.

Bei der Cultur der Moore lassen sich, wenn von der Brenncultur abgesehen wird, zwei principiell verschiedene Methoden unterscheiden. Entweder wird zunächst der Torf abgegraben und als Brennmaterial verwerthet und alsdann der verbleibende Boden in geeigneter Weise behandelt, oder man benutzt den Moorboden ohne Abgrabung, lediglich mit einer angemessenen Sandbedeckung. Fernerhin weichen die Culturmethoden darin von einander ab, dass bei der einen, der holländischen Veencultur, der Moorboden mit Sand vermischt wird, während bei der zweiten, der Rimpau'schen Dammcultur, die Sandschicht auf den Moorboden nur aufgebracht, eine Vermischung beider dagegen sorgfältig verhütet wird.

Die Veencultur bedingt stets das Hineinbeziehen eines grösseren Gebietes, da dieselbe nur in dem Falle durchführbar ist, dass die Entwässerungscanäle gleichzeitig als Schifffahrtscanäle für die Verfrachtung des gewonnenen Torfes und die in der Folge zu erzielenden Ernteerträge dienen sowie für die Herbeischaffung derjenigen Materialien, durch welche der Boden zur Cultur geeignet gemacht wird. Die Dammcultur bedarf dagegen als Melioration erster Ordnung lediglich die Beschaffung der Vorfluth für die zwischen den Dämmen befindlichen Gräben; sie kann demnach in vielen Fällen von einzelnen Grundbesitzern ausgeführt werden, während bei ersterer stets die Einleitung der Melioration durch staatliche oder genossenschaftliche Anlagen erforderlich ist.

Beide Methoden sollen in dem Nachfolgenden kurz charakterisirt werden.

a. Die Veencultur.

Die Veencultur findet ihre Anwendung in Holland, namentlich in der Provinz Groningen, sowie in einzelnen Hochmoordistricten der deutschen Nordseeküste. Die Grundlage der Veencultur bildet ein schiffbarer Canal, welcher zunächst zur Regulirung des Grundwasserstandes und zur Verfrachtung der gewonnenen Torfmasse dient. Dieser Canal muss, um eine vortheilhafte Verwerthung des Torfes zu ermöglichen, an ein ausgedehntes, sich weit verzweigendes Canalsystem anschliessen, wie dies in Holland allgemein der Fall ist. Er muss von vorn herein derartig angelegt werden, dass er das ganze zu cultivirende Gebiet in günstigster Weise durchschneidet, da er in der Folge die Aufgabe erhält, Träger des gesammten Verkehres desselben zu werden. Je vollkommener der Hauptcanal im Stande ist, den Anforderungen zu genügen, welche an die Haupt-Verkehrsader eines fruchtbaren Districtes gestellt werden müssen, desto günstiger gestalten sich die wirthschaftlichen Verhältnisse des neu cultivirten Landes.

In Holland legt man den grössten Werth darauf, den Hauptcanal so rasch und so vollkommen wie möglich herzustellen: man führt ihn ohne Weiteres in und durch das bis dahin noch ganz jungfräuliche Moor, bringt ihn in systematische Verbindung mit anderen Schifffahrtscanälen und schafft Schifffahrtscommunicationen in grösstmöglichem Umfange; die Ausbeutung des Moores, die Anlage der Seitencanäle und Inwieken überlässt man Zeit und Umständen.

In Ostfriesland dagegen beschränkt man sich darauf, einen schiffbaren Canal bis zum Anfange des Moores herzustellen, der alsdann schritthaltend mit der allmähligen Abtorfung weiter in das Moor hineingeführt wird. Seit der ersten Anlage ostfriesischer Veencolonien sind jetzt über 200 Jahre verflossen und noch heute ist die Procedur bei Weitem nicht vollendet; noch heute enden, soweit bekannt, alle ostfriesischen Veencanäle im öden Hochmoore.

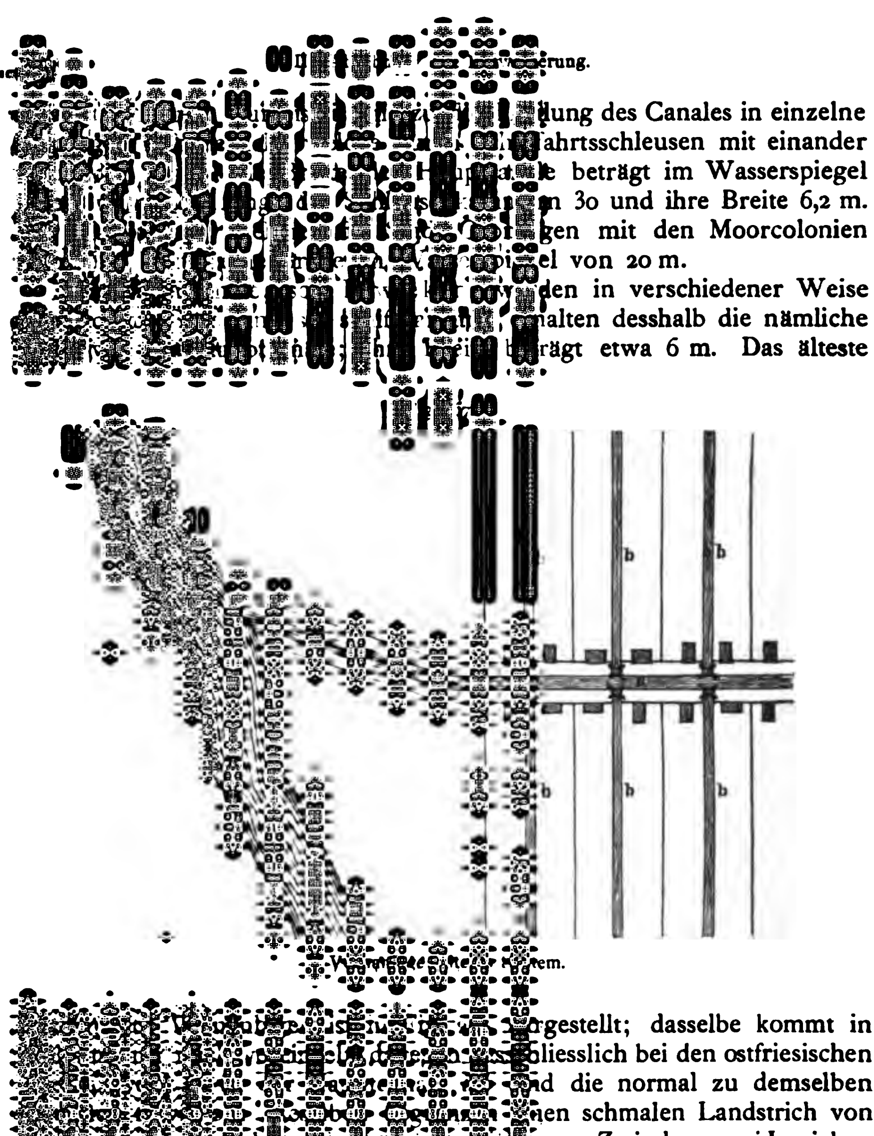
Die Folge davon ist, dass in Holland Handel und Verkehr der Landwirthschaft früh zu Hilfe kommen, das Absatzgebiet für landwirthschaftliche Producte sich erweitert, die Industrie allmählig Platz greift und, Alles zusammengenommen, glückliche Verhältnisse geschaffen werden, während in Ostfriesland die Landwirthschaft höchstens in Verbindung mit der Schiffsrhederei Alles allein zu leisten hat und daher die Entwicklung der Veene langsamer vor sich geht (E. Marcard, Ueber die Canalisirung der Hochmoore im mittleren Emsgebiete; Osnabrück 1871).

Der Hauptcanal wird entsprechend tief in den Sandboden, welcher sich unter dem Moore befindet, eingegraben; der gewonnene Torf wird mit Ausnahme der oberen, vorher abgestochenen Lage, der sogenannten Bunkerde, die als Brennmaterial nicht geeignet ist, getrocknet und sogleich durch den Hauptcanal verschifft. Der Wasserstand im Canale wird auf etwa 2 m, der Wasserspiegel, wo dies zu erreichen ist, auf 0,3 bis 0,5 m unter der Oberfläche des Sandes, auf welchem das Moor

...rung.

...lung des Canales in einzelne ...ahrtsschleusen mit einander ... beträgt im Wasserspiegel ...n 3o und ihre Breite 6,2 m. ...gen mit den Moorcolonien ...el von 20 m.

...den in verschiedener Weise ...alten desshalb die nämliche ...rägt etwa 6 m. Das älteste



...em.

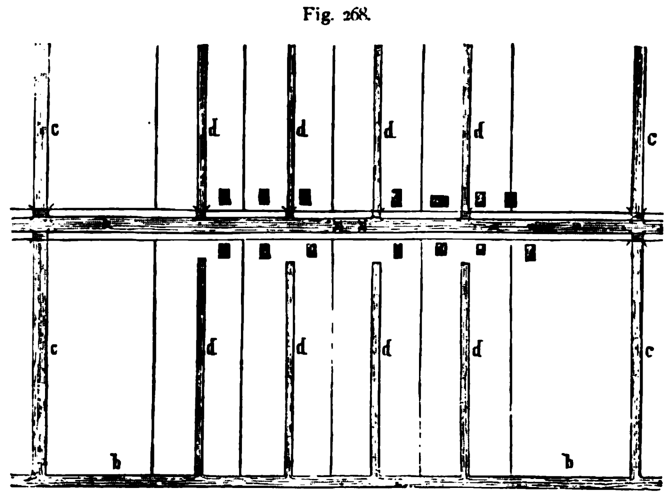
...gestellt; dasselbe kommt in ...liesslich bei den ostfriesischen ...d die normal zu demselben ...en schmalen Landstrich von ...ung. Zwischen zwei Inwieken ... der Abstand der Inwieken ...h nach der dem Besitzthume ...ine Fläche von 5 ha zur Er-

...den sich Wege; in der Regel ... eine Klinkerstrasse, auf der ...hreiten die vielen Inwieken ... kostspielig werden und auch ...da die Brücken zum Zwecke

der Schifffahrt drehbar sein müssen und häufig geöffnet werden. Dieselben bilden somit die schwache Seite des einfachen Canalsystemes, welches im Uebrigen den Vortheil gewährt, dass es die kürzeste Schifffahrtsverbindung der einzelnen Colonate mit dem Hauptcanale ermöglicht. Die Gebäude werden, wie in der Skizze dargestellt, zwischen den einzelnen Inwieken unmittelbar an der Strasse erbaut.

Als der Verkehr ein lebhafterer wurde, machten sich die Uebelstände des einfachen Inwieken-Systems derartig geltend, dass man durch Einführung sog. Achtercanäle die Communication zu erleichtern suchte. Fig. 268 zeigt diese Anordnung. Die Achtercanäle *b* werden in einiger

Fig. 268.



Veenanlage mit Achtercanälen.

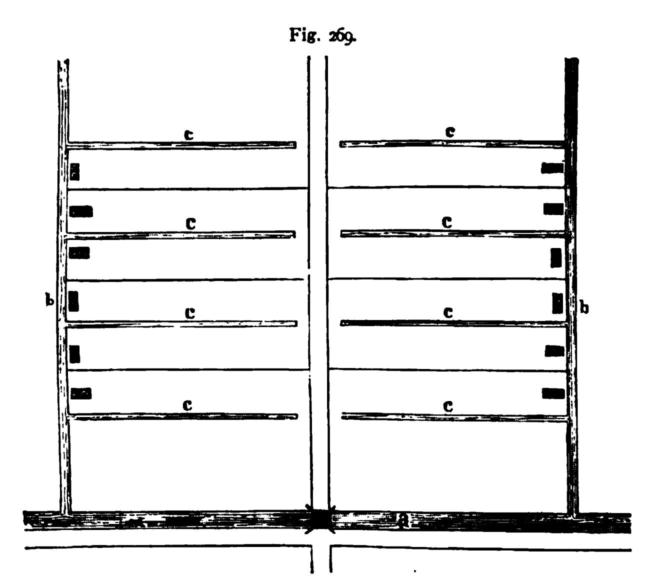
Entfernung von dem Hauptcanale *a* parallel zu demselben geführt und durch einzelne Hauptwieken *c* mit dem Canale verbunden. Die Inwieken *d* münden dagegen nur in den Achtercanal. Zuweilen lässt man der ersten Achterwieke eine zweite folgen, wobei man die Communication an der ersteren in gleicher Weise anordnen kann wie am Hauptcanale.

Eine weitere Disposition des Eincanal-Systemes ordnet die Inwieken parallel zu dem Hauptcanale an, während die Communication zwischen ersteren und diesem durch einige in gewissen Abständen erstellte Hauptwieken erfolgt (Fig. 269). Hier stellt *a* den Hauptcanal, *b* die Hauptwieken und *c* die Inwieken dar. In der Mitte derselben ist bei der vorliegenden Ausführung, der Veenanlage zu Kalkwyk in Holland, ein Fahrweg angeordnet.

Das neuere bisher ausschliesslich in Holland angewendete System ist das Zweicanal-System (Fig. 270). Anstatt eines werden bei demselben zwei parallele Canäle in Entfernungen von 130 bis 210 m erstellt

und zwischen denselben Canalverbindungen *c* nur in sehr beschränktem Masse und den localen Anforderungen entsprechend angeordnet. Es kann demnach in dem breiten Raume zwischen den beiden Canälen ein ungestörter Landverkehr stattfinden. Ausserhalb desselben befinden sich lediglich die Wirthschaftsgebäude, während alle Gebäude, zu welchen viel Verkehr stattfindet, wie Schulen, Fabriketablissements u. s. w., zwischen den Parallelcanälen liegen. Die Inwieken *b b* münden direct in die beiderseitigen Canäle ein oder auch nach der früher besprochenen Methode durch Vermittlung von Achtercanälen. Es gestattet dieses System

Fig. 269.



Veenanlage mit Hauptwieken.

die mannigfaltigsten Abweichungen; zuweilen ändert sich bei einer Veenanlage je nach dem localen Bedürfnisse die Disposition des Canalsystemes und geht dieselbe aus einer in die andere Anordnung über.

Es ist leicht ersichtlich, dass das Zweicanal-System das vollkommenste, dabei aber auch kostspieligste ist; dasselbe ermöglicht namentlich eine viel leichtere Landcommunication als das Achterwieken-System, dessen Kosten nicht erheblich geringer sind.

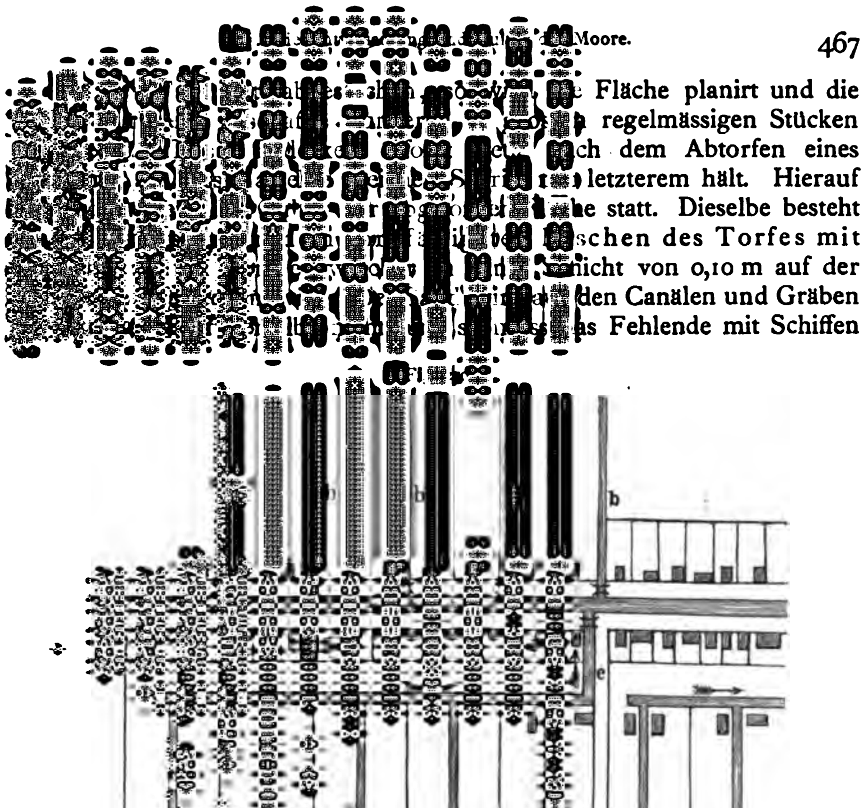
Sobald die Inwieken fertig gestellt sind, wird die durch dieselben begrenzte Fläche abgetorft; nach Märker*) erzielt man hierdurch in Holland pro Hektar Fläche bei 2 m Tiefe des Torfes einen Ertrag von etwa 4000 Gulden, welcher jedenfalls als ein ausserordentlich hoher zu bezeichnen ist.

---

*) Landwirthschaftliche Jahrbücher; Jahrgang 1875, Seite 938.



Fläche planirt und die
regelmässigen Stücken
ch dem Abtorfen eines
letzterem hält. Hierauf
e statt. Dieselbe besteht
schen des Torfes mit
icht von 0,10 m auf der
den Canälen und Gräben
as Fehlende mit Schiffen



mittelst des Pfluges und
zu immer grösserer Tiefe
oor mit dem Sande ver-
ng geruht hat, wird das
bis eine vollständige Ver-
rösseren Stücke Moorerde

die Cultivirung des Moor-
etzt der Zuführung grosser
che Ernten zu erzielen. In
und Meerschlick zur Be-
Cloakeninhalte, vermischt
icht u. s. w.*) In Groningen

nnung des Groninger Stadt-
schaftlicher Zeitung, Jahr-

ist dieser Dungstoff, welcher sorgfältig zubereitet wird, ein sehr gesuchter Artikel; die Stadt erzielt aus demselben bei einer Bruttoeinnahme von etwa 70000 Gulden einen Reingewinn von 22—25000 Gulden.*) Das in Groningen producirte Quantum reicht natürlich bei der jetzigen Ausdehnung der Moorculturen der Provinz bei Weitem nicht aus; man bezieht desshalb den Gassenkoth zu Schiffe aus westfriesischen und nordholländischen Städten, namentlich auch aus Amsterdam.

Der Seeschlick wird in den holländischen Veencolonien häufig als Dünger benutzt, wenn auch nicht mit gleichem Erfolge wie der Stadtdünger. Er findet seine hauptsächlichste Verwendung bei älteren Culturen, wo ein besonderer Werth auf die erneute Zufuhr von Bindemitteln zwischen Sand und Moor gelegt werden muss; für Neuculturen, wo in erster Reihe auf eine reichliche Zufuhr von Nährstoffen Werth gelegt werden muss, ist der Seeschlick weniger erfolgreich anzuwenden. Der Schlick, namentlich aus dem Dollart entnommen, wird zu Schiff in das Innere der Provinz geführt, durch den Winter gelagert und alsdann auf dem Moorboden ausgebreitet. In welchen enormen Mengen der Seeschlick zur Düngung des Moorbodens Verwendung findet, ergiebt sich daraus, dass z. B. im Jahre 1869 nicht weniger als 4970 Schiffe von zusammen 149100 Tonnengehalt zum Schlickholen aus dem Dollart behufs des Ackerbaus Verwendung fanden. Am günstigsten für die Benutzung dieses Materials sind einzelne ostfriesische Veene situirt, denen die täglichen Fluthen von dem aus der unteren Ems aufgewühlten Schlick grosse Quantitäten zuführen, welche in dem Hauptcanale, auf den Inwieken und selbst direct auf den abgetorften Gründen abgesetzt werden. Das Material ist ausserordentlich werthvoll, nicht allein für die neuen Urbarmachungen, sondern auch für die spätere Cultur des Landes (Marcard a. a. O. Seite 28).

Weitere Düngemittel für den durch die Mischung mit Sand vorbereiteten Moorboden sind Muscheln, Compost, Schafdünger, der gewöhnliche Stalldünger von Rindvieh und Pferden, Schlempe und die Gründüngung. Der Werth dieser Dünger ist jedoch kein besonders erfolgreicher; ein Ersatz des Stadtdüngers durch dieselben hat sich als unmöglich erwiesen.

Die Erträge der Veencultur sind die denkbar günstigsten, sobald reichlich und nachhaltig gedüngt wird; sie stehen denjenigen der fruchtbarsten Marschen fast in keiner Weise nach. Wie durch Intelligenz, Ausdauer und Capital ein anscheinend armer Boden, der kaum im Stande war, Menschen und Vieh kümmerlich zu ernähren, der durch die Brenncultur zu einer steten Quelle schwerwiegender Missstände für weiteste Umkreise geworden ist, in reiche, fruchtbare Gefilde umgewandelt werden kann, dafür giebt die holländische Veencultur den sprechendsten Beweis.**)

---

gang 1873, Seite 489: „Die Gewinnung und Verwerthung der menschlichen Excremente und des Gassenkothes der Stadt Groningen in Holland," von Dr. Eduard Birnbaum.

*) Marcard a. a. O. Seite 28. Märker giebt pro 1873 die Bruttoeinnahme auf 101000 Gulden, den Ueberschuss auf circa 35000 Gulden an. Es war dies der grösste Ertrag, welcher bisher erzielt wurde.

**) Es kann hier nicht der Ort sein, auf eine Reihe anderer, die Veencultur betreffender Fragen, z. B. über die Fruchtfolge, den Werth künstlicher Düngemittel und die Erträge der Culturen einzugehen; am erschöpfendsten werden

b. Die Rimpau'sche Dammcultur.

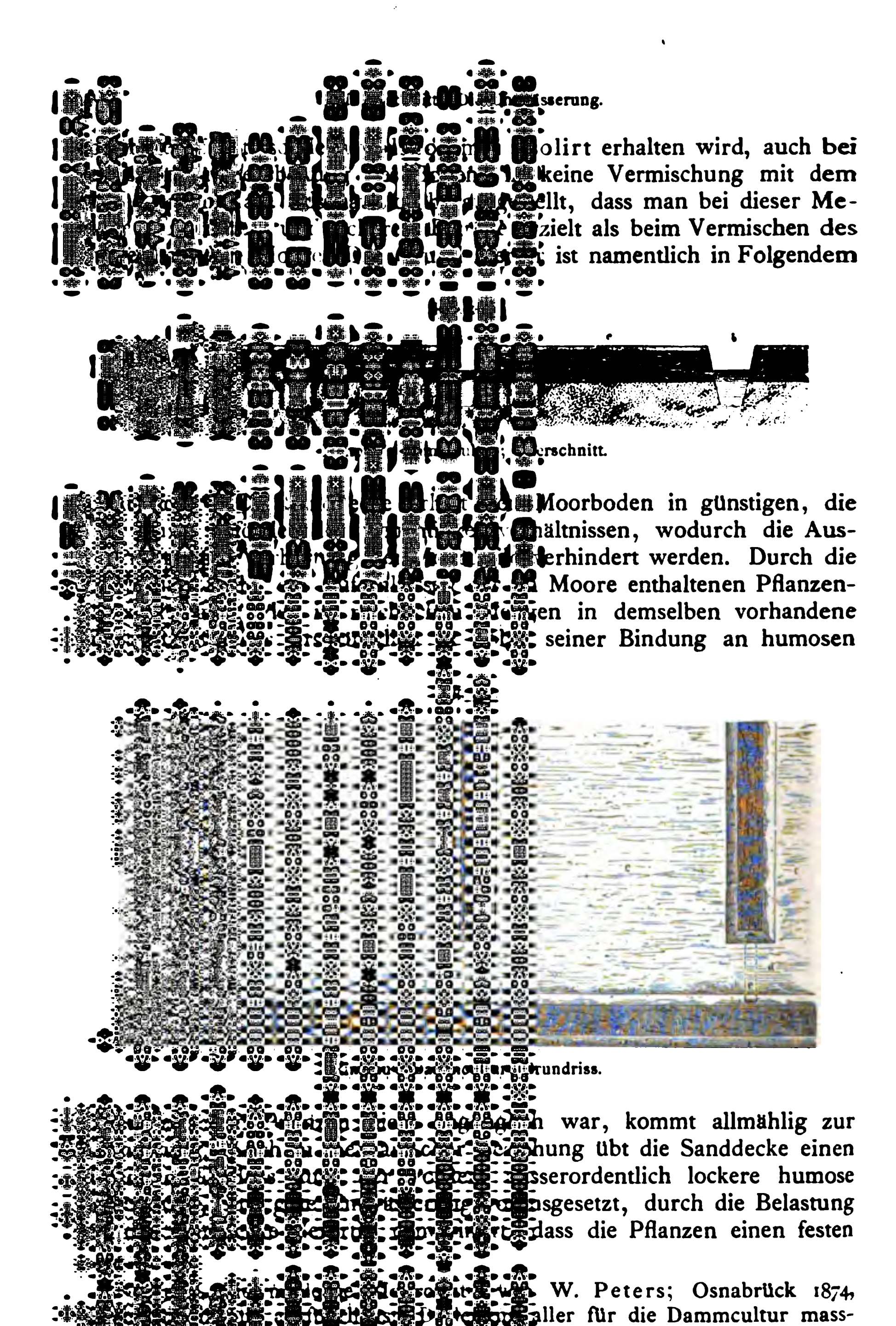
Diese Methode der Moorcultur wurde zuerst von dem Gutsbesitzer Herrn Rimpau in Cunrau, Provinz Sachsen, zur Ausführung gebracht und zwar auf seiner Besitzung im Drömling, der Wasserscheide zwischen der Weser und Elbe, einem Grünlandsmoore, dessen Mächtigkeit eine verschiedene, im Durchschnitte etwa 1 m ist. Aus Fig. 271 und 272, dem Querschnitte und Grundrisse eines in Dämme gelegten Moorgebietes, ist das Wesen der Dammcultur zu ersehen; dasselbe besteht darin, dass rechtwinklig auf den Haupt-Entwässerungsgraben *a* Fig. 272 in Abständen von 20 bis 25 m Gräben *bb* gezogen werden. Der Auswurf derselben wird derartig verwerthet, dass auf den dazwischen liegenden Dämmen *cc* zunächst der oberste Stich mit der alten Grasnarbe, darüber das Moor aus den Gräben kommt und dieses vollständig geebnet wird. Alsdann folgt eine Schicht Sand von 0,10 m Stärke, welcher, in der Regel aus der Sohle der Gräben entnommen, auf den Dämmen gleichmässig aufgetragen wird. Die Gräben werden so tief erstellt, dass eine etwa 0,60 m mächtige Schicht des unter dem Moore lagernden Sandes herausgefördert wird; ihre Tiefe hängt somit von der Mächtigkeit der Moorschicht ab. Der Grundwasserstand muss für Wiesen auf etwa 0,8 m, für Ackerland auf etwa 1 m unter der Oberfläche gesenkt werden.

Die Gräben *b* münden nicht direct in den Hauptgraben *a*, sondern es bleibt ein Vorgewende *d* von 7,50 bis 10 m, um eine leichte Communication zwischen den einzelnen Dämmen zu erhalten. Die Leitung des Wassers aus den Dammgräben in den Haupt-Entwässerungsgraben wird durch Drainröhren *c* von 0,15 m Lichtweite bewirkt.

Der Zweck der Dammcultur ist zunächst eine gründliche Entwässerung des Bodens, welche sowohl durch die Gräben als auch durch die Erhöhung des Terrains erreicht wird. Der Abfluss des Wassers bewirkt eine energische Durchlüftung und Entsäuerung des Bodens. Die wichtigste Rolle bei der Dammcultur spielt aber die Aufbringung der Sandschicht, welche nicht wie bei der Veencultur mit dem Moor-

---

diese Fragen behandelt in der Schrift: Landontginning en Landbouw in de Veehkolonien der Provincie Groningen door T. Borgesius, auch in deutscher Uebersetzung von W. Peters unter dem Titel: Urbarmachung und Landbau in den Moorcolonien der Provinz Groningen; Osnabrück 1875. Ferner in der trefflichen, neuesten Arbeit über den Gegenstand: Untersuchungen über die Zusammensetzung und die Eigenschaften des Moorbodens als Medium für die Cultur. I. Beschreibung und Kritik der Veenculturen in Holland von Prof. Märker, veröffentlicht in den landwirthschaftlichen Jahrbüchern, Jahrgang 1875, Seite 931. Auch die Arbeit von B. Rost: „Ueber Moorculturen mit Bezugnahme auf die Groninger Veencolonien" in Fühling's landwirthschaftlicher Zeitung, Jahrgang 1873, Seite 93 enthält viele Daten über die Bewirthschaftung und Erträge der Veencultur.



…sserung.

…olirt erhalten wird, auch bei
…keine Vermischung mit dem
…llt, dass man bei dieser Me-
…zielt als beim Vermischen des
… ist namentlich in Folgendem

…rschnitt.

…Moorboden in günstigen, die
…hältnissen, wodurch die Aus-
…erhindert werden. Durch die
… Moore enthaltenen Pflanzen-
…en in demselben vorhandene
… seiner Bindung an humosen

…rundriss.

…h war, kommt allmählig zur
…ung übt die Sanddecke einen
…sserordentlich lockere humose
…sgesetzt, durch die Belastung
…dass die Pflanzen einen festen

… W. Peters; Osnabrück 1874,
…aller für die Dammcultur mass-

Standort erhalten; ein Auffrieren des Bodens und Auswintern der Pflanzen kann nicht mehr stattfinden. Der Boden wird jetzt derartig fest, dass er für Fuhrwerke von 2500 kg Belastung zugänglich ist. Durch die Sanddecke im Vereine mit der Trockenlegung wird der starke Unkrautwuchs beseitigt; denn der aus dem Untergrunde geförderte Sand ist frei von Unkrautsämereien und Wurzeln und die in dem Moore etwa keimenden Unkrautsamen vermögen nicht durch die Sandschicht durchzudringen.

Auch das zu starke Lagern des Getreides wird vermindert und in Folge dessen ein schwereres und besseres Korn erzielt; in gleicher Weise bestätigt die Erfahrung, dass die Qualität der Hackfrüchte auf dem mit Sand bedeckten Moorboden eine bessere ist; die Kartoffeln werden reicher an Stärkemehl, Runkelrüben werden nicht hohl und nicht stockig.*)

Endlich lässt sich der mit Sand bedeckte Moorboden im Frühjahre zeitiger bearbeiten als der reine oder gemischte, dunklere Moorboden.

Die Sanddecke soll keine geringere Stärke als 0,10 m erhalten, weil sich sonst das Pflügen ohne Berührung des Moores nicht ausführen lässt, der Unkrautwuchs nicht beseitigt wird und das Zugvieh leicht durchtritt. Ist dagegen die Sanddecke zu stark aufgetragen, etwa 0,13 m, so wird der Zutritt der Luft zu dem Moore beschränkt und es bedürfen die Pflanzenwurzeln einer längeren Zeit, bis sie den mehr oder minder unfruchtbaren Sand durchdringen.

Was die Gräben betrifft, so hat sich als vortheilhafteste Breite derselben 3,80 bis 5 m ergeben. Eine geringere Breite als 3,80 m sollten dieselben niemals erhalten, da die Grabenwandungen in wenigen Jahren bewachsen, somit als Wiesenflächen genutzt werden können, was bei schmäleren Gräben nicht gut möglich ist; ihre Tiefe richtet sich nach dem Stande des Moores. Es muss so tief in den darunter stehenden Sand eingeschnitten werden, dass das gehobene Quantum zur Bildung der Sanddecke von 0,10 m auf den Dämmen ausreicht.**) Die Böschung

---

*) Einen eclatanten Beleg für den Werth der Sanddecke giebt Märker a. a. O. Seite 941: „Bei dem Besuche der Groninger Veenculturen fiel es dem Verfasser auf, dass er nirgends ein mit Raps bestelltes Feld sah, während er aus den Schriften von Borgesius und Peters wusste, dass gerade der Raps zu den häufig cultivirten Früchten der Veenculturen gehört. Es wurde dem Verfasser die Auskunft, dass der Raps ohne alle Ausnahme in dem harten Nachwinter dieses Jahres (1875) zu Grunde gegangen sei, so dass die frostschützende Wirkung des Sandes in diesem Falle nicht genügend zur Geltung gekommen war. Andererseits fand Professor Märker auf den Moorculturen zu Princepeel in Nordbrabant, welche nach Rimpau'scher Methode ausgeführt waren, vortrefflich bestandene Rapsfelder vor, auf denen der Frost keinen irgendwie erheblichen Schaden angerichtet hatte."

**) Genaue Berechnung der Grabenprofile bei der Rimpau'schen Moordammcultur mit Rücksicht auf die Gewinnung der erforderlichen Deckschicht enthält die Schrift: Praktische Anleitung zur Rimpau'schen Moordammcultur von G. Frhr. von Massenbach, Seite 8—12; Berlin 1883.

der Gräben kann in Folge der starken Verwurzelung des Moorbodens eine sehr steile sein; eine ¼- bis ½fache Dossirung genügt. Das Gefälle braucht ebenfalls nur gering zu sein, vorausgesetzt, dass der Hauptgraben genügende Vorfluth liefert; in der Regel wird ein Gefälle von 0,02 bis 0,01 % hinreichen.

Wie bereits erwähnt, wird die Deckschicht, wenn irgend möglich, aus dem Untergrunde entnommen. Nur, wenn das Moor so tief liegt, dass ein Heraufbringen des Untergrundes nicht möglich, oder falls derselbe sich nicht zur Deckschicht eignen sollte, muss diese von solchen Stellen herangeschafft werden, wo das Material in der Nähe zu haben ist. Von Wichtigkeit ist hierbei, dass zunächst die oberste Schicht, welche viele Keime und Sämereien von Unkräutern enthält, entfernt werde, da sich die Unkräuter in der Folge auf den Dämmen sehr kräftig entwickeln würden. Die beste Bodenart zur Deckschicht ist grober und reiner Sand. Ist die Entfernung des Fundortes desselben von den Dämmen sehr beträchtlich, so empfiehlt sich für grössere Anlagen die Herstellung einer schmalspurigen Bahn zum Heranschaffen des Materials.

Ueber die Düngung und Fruchtfolge in Cunrau macht Herr Rimpau folgende werthvolle Mittheilungen: Es wurden zunächst die meisten Culturgewächse in passender künstlicher oder Stallmistdüngung versucht und schliesslich diejenigen Früchte ausgewählt, welche die sicherste Geldrente und daneben Futter und Streu für die Viehbestände in reichlichstem Masse ergaben. Alle Früchte, die sich im Ertrage als unsicher erwiesen oder neben der directen Geldrente zu geringe Futter- bezw. Streumassen lieferten oder zu ihrer Cultivirung zu grosse Arbeitskräfte erforderten, wurden nach und nach ausgeschlossen, z. B. die sehr lohnenden Früchte Mohn, gelber Senf, Kümmel, Vitsbohnen. Bei der Düngung gilt als Regel, zu dem als erste Frucht auf frischen Dämmen eingedrillten Hafer eine starke Gabe von Kali und löslicher Phosphorsäure zu geben, etwa das 1½fache des Gehaltes einer starken Ernte, also 80 kg reines Kali und 60 kg lösliche Phosphorsäure pro Hektar. Stickstoffzufuhr durch künstlichen Dünger wird neuerdings ganz ausgeschlossen, weil durch die reichliche Kali- und Phosphatdüngung wie durch den üppigen Pflanzenwuchs aus dem ungelösten Stickstoffe des Drömlingsmoores ein für üppigste Entwicklung der Pflanzen mehr als genügendes Quantum von Ammoniak und Salpetersäure erzeugt wird, welches thatsächlich Lagerung und Befall der Cerealien in fruchtbaren Jahren herbeigeführt hat. Das Drömlingsmoor enthält alle Pflanzennährstoffe reichlich mit Ausnahme von Kali und Phosphorsäure; letztere können aber unbedenklich, wenn stets reiche Ernten erzielt werden sollen, in obiger starker Gabe gegeben werden, bis ein zu üppiger Pflanzenwuchs sich einstellt; alsdann ist es räthlich, nur so viel Ersatz davon zu geben, wie die vorangegangene Frucht consumirt hat.

Die Stallmistdüngung wird nur zu gewissen Früchten und nur schwach, 12000 bis 20000 kg pro Hektar, gegeben; daneben meist noch etwas Kali und Phosphorsäure, von obigem Quantum etwa die Hälfte. Diese Früchte sind Erbsen, Wickfutter, Kartoffeln, Futterrüben, Raps u. s. w. Letzterer erhält freilich nur selten Stallmist, weil im August die Zeit zur Abfuhr desselben fehlt, reine Brache aber nie gehalten wird. Die Stallmistdüngung wäre für

das leicht zersetzbare Drömlingsmoor unnöthig; da aber Stalldünger sehr reichlich producirt wird, so ist seine theilweise Verwendung an Ort und Stelle fast unvermeidlich. Die starken Düngungen haben nun doch den Nachtheil herbeigeführt, dass die Halmfrüchte bis auf Hafer und Wintergerste der Lagerung leicht unterworfen sind.

Trotz der Lagerung bleiben die Erträge der Sommerhalmfrüchte und der Wintergerste dennoch sehr zufriedenstellend, während Weizen und Roggen dieserhalb und aus anderen wirthschaftlichen Gründen vermieden oder doch nur beschränkt angebaut werden. Eine regelmässige Fruchtfolge wird nicht mehr eingehalten. Seitdem der Rapsbau sich als ausserordentlich lohnend erwiesen hat, bildet dieser neben den gleichfalls sehr lohnenden und stärkereichen Kartoffeln, die in der Brennerei Verwendung finden, die Hauptgrundlage des Fruchtumlaufes. Im Jahre 1874 sind von 216 ha Dämmen 55 ha mit Winterraps bestanden. Die besten Vorfrüchte für Winterraps sind 1) Winterraps selbst, der zwei-, auch dreimal und öfter unmittelbar hintereinander folgen kann, 2) Erbsen, 3) Wickfutter, 4) Wintergerste, lauter Früchte, die früh das Feld räumen. Raps liefert neben hohen Stroherträgen viel Schoten für die Schäferei; ausserdem werden beim Verkaufe der Saat grosse Quantitäten Oelkuchen zurückgekauft und durch die Viehstände consumirt und da sein Stroh zur Einstreu dient und die Nachfrüchte sehr lohnend sind, so ist keine Frucht einträglicher und für die Wirthschaft zugleich förderlicher als eben dieser. Auf frischen Dämmen wird Raps als dritte Frucht, also 1) Hafer, 2) Erbsen oder Wickfutter, 3) Raps gebaut; ihnen folgt Raps oder Wintergerste oder Hafer oder Kartoffeln. Letztere bilden wieder die Vorfrucht für Erbsen oder Sommergetreide; sie erscheinen neben Raps am häufigsten in der Fruchtfolge.

Die Reinerträge der Dammcultur ergaben sich je nach der Beschaffenheit des Moores und der Düngung sehr verschieden. Rimpau gab dieselbe früher auf 120 M pro Hektar an, in neuerer Zeit auf 180 M. In Cunrau sind übrigens die Verhältnisse besonders günstige, so dass wohl nicht überall so hohe Erträge erzielt werden können. Von einzelnen Culturen wird berichtet, dass die Deckung der Kosten für den Umbau bereits nach einer einzigen Ernte eingetreten ist.

Die letzteren werden, wie dies nicht anders zu erwarten ist, ausserordentlich verschieden angegeben, je nach der Tiefe der Gräben und den mehr oder minder beträchtlichen localen Schwierigkeiten. Bei den von Peters geleiteten Dammculturen zu Haus Füchtel in Oldenburg ergaben sich die Kosten für einzelne Beete auf 780 M pro Hektar, bei günstigerer Lage dagegen nur auf 240 M; der Durchschnittspreis der fertigen Beete einschliesslich aller Nebenkosten betrug 460 M pro Hektar. Nach den Angaben von Massenbach's schwanken die Kosten zwischen 265 und 487 M; im Durchschnitte betragen dieselben 430 M pro Hektar.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dass sowohl die Veencultur als auch die Dammcultur ihre Vorzüge besitzen und liegt die Erwartung nahe, dass in nicht zu langer Zeit jede der beiden Methoden die Vorzüge

der anderen, soweit dies möglich ist, sich zu Nutze machen wird. Beide Systeme basiren zunächst auf einer angemessenen Senkung des Grundwasserspiegels; alsdann aber gehen sie ziemlich weit auseinander. Die Veencultur erhält ihren Schwerpunkt in den Schifffahrtscanälen und im Abtorfen; hierauf folgt eine Vermischung des Moores mit Erde und Düngung, hauptsächlich mit Stadtdünger. Die Dammcultur besitzt nur Entwässerungscanäle und bringt eine Sandschicht auf das Moor, welche niemals untermischt werden soll. Dies letztere hat sich nach den bereits vorliegenden Erfahrungen als unbedingt vortheilhafter erwiesen als das Mischen bei der Veencultur. Dagegen wird letztere immer den Vorzug behalten, so lange ihr die Schifffahrtscanäle eigenthümlich bleiben, welche die Zu- und Abfuhr der Producte zu den billigsten Tarifen gestatten, welche es ermöglichen, dass der voluminöse Torf, wo er mächtig genug ansteht, die Concurrenz mit der Steinkohle erfolgreich aushalten kann, dass Erde und Dünger mit Leichtigkeit herangeführt werden können. In einem Systeme von Schifffahrtscanälen liegt der mächtigste Hebel einer rationellen Moorcultur, zu deren Ausführung freilich nicht der Einzelne oder eine kleinere Genossenschaft schreiten kann. Hier kann nur durch staatliche Initiative der Grund gelegt werden zu der Hebung ganzer Länder, deren Bewohner heutigen Tages kaum ein menschenwürdiges Dasein führen und weder die Mittel noch die geistige Elasticität besitzen, um Meliorationen irgend welcher Art ins Leben zu rufen.*)

---

*) Aus dem Obigen geht hervor, dass die holländischen und deutschen Moorculturen darin vollständig übereinstimmen, dass sie einen Ersatz für das lästige und in vielen Fällen unrationelle Moorbrennen schaffen. In den betreffenden Kreisen hat sich seit einigen Jahren eine lebhafte Agitation gegen das Moorbrennen entwickelt, welche sogar in einem speciellen „Verein gegen das Moorbrennen" ihren Mittelpunkt gefunden hat. So überaus verdienstvoll die bezüglichen Bestrebungen auch sind, so darf man doch das Moorbrennen nicht in allen Fällen verdammen und wenn auch für die Verhältnisse in Holland und an der deutschen Nordseeküste die bezüglichen Bestrebungen ihre volle Berechtigung haben, so gilt dies doch nicht so ganz im Allgemeinen. Die Ausführung dieses wichtigen Themas muss ich leider hier unterlassen, da dasselbe mich von dem Vorwurfe eines Handbuches des landwirthschaftlichen Wasserbaus weit abführen würde; ich verweise daher nur auf die Gesichtspunkte, welche in der interessanten „Denkschrift über den Laibacher Morast"; Laibach 1875, von Herrn Franz Potočnik überzeugend und erschöpfend dargelegt wurden.

IV. ABSCHNITT.

DIE BEWÄSSERUNG.

A.
EINLEITUNG.

Unter Bewässerung versteht man die systematische Aufleitung und Vertheilung von Wasser auf den Culturboden.

Die Erkenntniss von dem Werthe der Bewässerung des Bodens ist zweifellos so alt wie der Ackerbau selbst. Die Natur zeigt uns immer wieder den hohen Nutzen derselben; denn die Vegetation entfaltet sich nach jedem rechtzeitigen und reichlichen Sommerniederschlage in freudigster Weise und es entwickelt sich in Folge desselben stets neues Leben aus den verdorrenden Feldern. Zweifellos führte diese so deutlich in die Augen springende Erscheinung dazu, dem Boden das Wasser künstlich zuzuführen, wenn die natürliche Bewässerung, der Regen, in der Vegetationsperiode ausblieb oder wenn dieser in unzureichender Weise gespendet wurde. Den Culturländern des Alterthumes, Italien, Griechenland, Aegypten, Syrien, Mesopotamien, dem jetzigen Persien u. s. w. fehlten aber ausgiebige Niederschläge während der Vegetationsperiode in früherer Zeit wie noch heute, so dass hier die künstliche Zuleitung des Wassers als die oberste Bedingung einer erfolgreichen Bodencultur be trachtet werden muss.

In den höheren Breitegraden, in welchen die Sommerwärme und damit die Verdunstung des Wassers aus dem Boden erheblich abnehmen- steigen gleichzeitig die Niederschläge in der Vegetationsperiode (Mai bis September), verglichen mit denjenigen des ganzen Jahres, wie folgende Zusammenstellung übersichtlich darlegt:

Ort	Mittlere Sommertemperatur Grade C.	Niederschläge in der Vegetationsperiode, in Procenten des Jahresniederschlages
Rom	18,8	25,5
Mailand	18,2	42,7
Wien	15,9	52,6
Berlin	14,5	52,5
St. Petersburg . .	12,7	67,5

Diese Zahlen zeigen, dass die Bedeutung der Bewässerung in den höheren Breiten allmählig geringer wird, sobald diese allein die Aufgabe hat, den Pflanzen das fehlende Vegetationswasser zuzuführen. Die Bewässerung dient aber ausser zur Anfeuchtung noch weiteren Zwecken. Das Wasser ist das Mittel zur Lösung und Verbreitung der im Boden enthaltenen Nährstoffe; es dient ferner in hervorragendstem Masse zur Düngung mit den im Wasser suspendirten und gelösten Stoffen. Diese letztere Aufgabe hat die Bewässerung namentlich auf den permanenten Wiesen der höheren Breitegrade zu erfüllen; das Wasser ist hier vorwiegend das Transportmittel für den Dünger, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass es auch den übrigen Aufgaben der Bewässerung, namentlich der Anfeuchtung in der Dürreperiode, dienstbar gemacht werden kann. Ferner wird die Bewässerung vielfach zur Regulirung der Bodentemperatur in Verwendung gebracht, z. B. um den Boden in der kälteren Jahreszeit zu erwärmen und so die Vegetation zu ermöglichen, sobald Wasser von höherer Temperatur zur Verfügung steht; in vereinzelten Fällen auch, um die Temperatur zu erniedrigen für Culturen, welche bei höheren Temperaturen Schaden leiden würden. In beschränktem Masse dient die Aufleitung des Wassers auch zur Erweichung sehr ausgetrockneten Bodens, um diesen in den geeigneten Zustand für die Aussaat zu versetzen, ferner zur Vertilgung von Schädlingen aus dem Thierreiche, wie z. B. der Mäuse; in neuerer Zeit auch zur Bekämpfung der Phylloxera.

Von diesen mannigfachen Aufgaben der Bewässerung sind die wichtigsten die Anfeuchtung des Bodens und die Düngung. Es liegt auf der Hand, dass da, wo eine gedeihliche Vegetation die künstliche Zufuhr von Wasser durchaus erfordert, wie in den südlichen Ländern, die Nothwendigkeit der Bewässerung viel deutlicher hervortritt als bei uns; wir finden so eine Erklärung dafür, dass dort das Bewässerungswesen eine weit umfassendere Ausdehnung angenommen, namentlich sobald ohne Wasserzufuhr die Vegetation unmöglich ist.

Trotzdem darf der Werth der Bewässerung für die höheren Breiten nicht unterschätzt werden. Hier, wo es sich in erster Linie zumeist um die Gewinnung der vom Wasser mitgeführten Nährstoffe handelt, die andernfalls herrenlos den abwärts gelegenen Flussstrecken und dem Meere zugeführt werden, ist die rationelle Bewässerung gleichfalls im Stande, den Wohlstand ausgedehnter Gebiete zu begründen und dauernd zu erhalten. Die Bewässerung ist hier in wahrem Sinne eine Melioration; in den südlichen Ländern ist sie die Grundlage des Ackerbaus.

Ein wesentliches Erforderniss jeder Bewässerung ist, dass die entsprechenden Einrichtungen getroffen werden, um den Boden angemessen trocken zu legen. Die Bewässerung darf weder auf versumpftem Boden stattfinden, noch darf dieselbe den Boden in einen Sumpf verwandeln. Stets muss für eine angemessene Vorfluth zum Zwecke der rechtzeitigen Ableitung des Wassers Sorge getragen werden, soweit dasselbe nicht

durch die Verdunstung oder durch Versickern in lockeren Untergrund entfernt wird.

Die beiden wichtigsten Bodenmeliorationen, die Ableitung des schädlichen und die Zuführung des nützlichen Wassers, die Ent- und Bewässerung, zeigen in ihrem Gesammtcharakter mehrere wesentliche Verschiedenheiten. Die Ableitung des Wassers erfolgt stets in einen tiefer gelegenen oder tiefer zu legenden Recipienten; mit der Herstellung der Leitungen sind die Arbeiten abgeschlossen und tritt nunmehr ein selbstthätiges Functioniren der gesammten Anlage ein, deren ordnungsmässige Erhaltung keine Schwierigkeiten und zumeist nur sehr geringe Kosten verursacht. Wenn abgesehen wird von den Entwässerungsanlagen mit künstlicher Wasserhebung, so findet ein eigentlicher Betrieb der Anlagen nicht statt. Bei den Bewässerungsanlagen unterscheiden sich bereits die Herstellungsarbeiten von denjenigen für Entwässerung, indem in der Regel ausser den Canälen und Gräben zur Zu- und Ableitung des Wassers eine Bearbeitung, in manchen Fällen eine vollständige Umformung der Oberfläche stattfinden muss. Aus diesem Grunde stellen sich die Kosten der Bewässerungsanlage im Allgemeinen erheblich höher als diejenigen der Entwässerungsanlage. Ferner bedingt aber erstere einen regelmässigen, mit grösster Sorgsamkeit geleiteten Betrieb, wenn die Melioration einen entsprechenden Erfolg gewähren soll. Das Unternehmen tritt nach Vollendung der technischen Herstellungen in eine weitere, nicht minder wichtige Phase, der dauernden Nutzung der Anlage. Hierzu kommt, dass die Erhaltung derselben in zweckdienlichem Zustande regelmässig wiederkehrende Arbeiten nothwendig macht, während für diesen Zweck bei Entwässerungsanlagen nur ausnahmsweise eine Thätigkeit erforderlich ist. Wenn ferner berücksichtigt wird, dass die Technik der Entwässerung eine überaus einfache, im Allgemeinen nur auf dem Gesetze der Schwere basirende ist, dass dagegen der Vorgang der Bewässerung ein ungleich complicirterer, auf mechanischer, chemischer und physiologischer Grundlage beruhender und überdies ein nach der Beschaffenheit des Bodens, des Untergrundes, dem Stande des Grundwassers, dem Gehalte des Bewässerungswassers an Nährstoffen, der Temperatur desselben, den Culturen und dem Klima überaus verschiedenartiger ist, so muss einleuchten, dass bei der rationellen Anlage und Leitung der Bewässerung ungleich grössere Schwierigkeiten zu überwinden sind als bei den Entwässerungsanlagen.

Der Werth der Bewässerung hat sich bei zweckentsprechender Herstellung der Anlagen und bei richtiger Behandlung derselben in den meisten Fällen aufs Glänzendste erwiesen. Manches vordem arme Gebiet gelangte durch die Einführung einer geregelten Wasserwirthschaft zu früher ungeahntem Wohlstande. Nur zu häufig hat es sich aber gezeigt, wie schwierig es ist, den Landwirth aus seiner einmal gewohnten Betriebsweise herauszureissen, Neues einzuführen und dieses dauernd zu erhalten. Selbst wenn die Melioration erster Ordnung, im vorliegenden Falle die

grösseren Bewässerungscanäle, die Beschaffung der Vorfluth zur Ableitung des Wassers und etwa erforderliche Besitzregulirungen, von staatlicher, gesellschaftlicher oder genossenschaftlicher Seite ausgeführt werden, so bedarf es noch der grössten Anstrengung der leitenden und ausführenden Organe, um dem einzelnen Grundbesitzer die Vortheile der neuen Betriebsmethode zugänglich zu machen. Häufig ist der Mangel an Mitteln oder die Nichtgewährung von Vorschüssen an unbemittelte Grundbesitzer die Ursache, dass die Nutzbarmachung der Melioration erschwert oder vollständig verhindert wird. Ist durch die früheren Zustände das Land verarmt, derartig, dass die Besitzer nicht im Stande sind, die localen Arbeiten für die Auf- und Ableitung des Wassers auszuführen, so würde die bestgeplante Bewässerungsanlage keinen Erfolg erzielen können, wenn die Grundbesitzer nicht durch zweckdienliche Unterstützungen in den Stand gesetzt werden, die localen Meliorationen zur Ausführung zu bringen. Von diesem Gesichtspunkte aus sind bisher manche Fehler mit verhängnissvollen Folgen gemacht worden; Jahrzehnte lang konnten die besten Anlagen keinen Erfolg erringen, bis im Laufe der Zeit eine Anzahl intelligenter und bemittelter Besitzer den Werth der Melioration festzustellen in der Lage war und durch ihr Beispiel dem Unternehmen immer mehr Anerkennung erwarb.

Da die massgebenden Factoren für das System der Bewässerung überaus verschiedene sein können, so lassen sich die Erfahrungen, welche über die zweckentsprechendste Anordnung der Bewässerung in einem bestimmten Districte erworben wurden, nicht ohne Weiteres auf andere Gebiete übertragen. Das Klima, die Bodenbeschaffenheit, die zur Verfügung stehende Wassermenge, die Qualität des Wassers, die zu erzeugenden Culturgewächse, in gleicher Weise aber auch die socialen und Besitzverhältnisse der Bevölkerung und der allgemeine Charakter derselben (Betriebsamkeit, Trägheit u. s. w.) bedingen stets eine besondere Berücksichtigung, um die Wasserwirthschaft mit dem günstigsten zu erreichenden Erfolge durchzuführen und den Betrieb in zweckentsprechender Weise zu leiten. Mit einer einfachen Copie des in Oberitalien, im Siegener Lande, im Lüneburg'schen bewährten Bewässerungsmodus auf andere Districte, in denen die erwähnten und andere Factoren oft gänzlich abweichende sind, kann niemals, wie auch die Erfahrung stets erwiesen hat, ein nachhaltiger Erfolg errungen werden; es muss vielmehr die Anlage und der Betrieb den localen Verhältnissen aufs Sorgsamste angepasst werden, wenn die Melioration den erwarteten Erfolg gewähren soll.

Es folgt hieraus, dass sich keine allgemeine, überall anwendbare Regeln über die Anlage von Bewässerungen aufstellen lassen, wie solche z. B. für Entwässerungen in sicherster Weise abgeleitet werden können. Im Laufe der Zeit, in dem Masse, wie die Bewässerungen auch bei uns immer mehr an Ausdehnung gewinnen, wird man zweifellos dazu gelangen, durch sorgfältige, vergleichende Versuche und Beobachtungen

den vortheilhaftesten Modus der Bewässerung für die örtlichen Verhältnisse festzustellen. Für umfassende Anlagen unter bisher noch nicht bekannten Verhältnissen erscheint es sogar erforderlich, sogleich mit Beginn der Vorarbeiten eine Versuchsstation ins Leben zu rufen, welche alle Fragen über das zweckmässigste System der Bewässerung in vergleichender Weise festzustellen hätte. Dieselbe wäre hierdurch befähigt, sobald das Wasser den einzelnen Parcellen zur Verfügung steht, die Regeln über die rationellste Verwendung desselben zu geben, nach welchen die Bewässerung ohne weitere Experimente Seitens der einzelnen Besitzer durchgeführt werden kann.

Anmerkung. Als Muster für derartige Versuchsanlagen kann das Versuchsfeld für Rieselanlagen zu Borghorst in Westphalen bezeichnet werden. Die zu den Versuchen benutzte Fläche in einem Ausmasse von 1,4 ha besteht aus 4 Abtheilungen, welche einige wichtige Systeme des Wiesenbaus vertreten, wie 1) die Oberflächen-Bewässerung mit Drainage nach Petersen; 2) die Oberflächen-Bewässerung mit Drainage und verstellbarem Wasserspiegel der unterirdischen Entwässerung; 3) den gewöhnlichen Rückenbau; 4) Oberflächen-Bewässerung mit gewöhnlicher Drainage. Eine ausführliche Darstellung dieser Versuchsanlage, auf deren bisherigen Resultate weiter unten (Seite 490) näher eingegangen wird, enthalten die landwirthschaftlichen Jahrbücher, Band XI., Seite 150.

B.

DIE GRUNDLEHREN DER BEWÄSSERUNG.

a. Die Wirkung des Wassers.

Bereits in der Einleitung wurde auf die verschiedene Wirkungsweise des Bewässerungswassers hingewiesen und hervorgehoben, dass diese im Wesentlichen in der Anfeuchtung einschliesslich der Lösung und Verbreitung von Nährstoffen, in der Düngung und in der Regulirung der Bodentemperatur bestehe. Auf diese verschiedenen, oft gemeinschaftlich auftretenden Wirkungen des Wassers soll hier zunächst näher eingegangen werden.

1. Die anfeuchtende Wirkung. *)

Es ist kaum erforderlich, einen speciellen Beweis für den allbekannten Satz zu bringen, dass das Gedeihen der Culturgewächse nur möglich ist, wenn ihnen die erforderliche Wassermenge zur Verfügung steht. Um jedoch den Einfluss des Wassers zur Anfeuchtung der Gewächse ziffermässig darzustellen, mögen die nachfolgenden Resultate der Beobachtungen von Hellriegel dienen. Derselbe säete in je vier mit ertraglosem Quarzsande gefüllten Gefässen nach Zuführung der erforderlichen Nährstoffe Roggen, Weizen und Hafer. Das erste der Gefässe für jede der drei Pflanzenarten wurde sehr feucht, das zweite mässig feucht, das dritte ziemlich trocken und das vierte sehr trocken gehalten. Das Ernteresultat in Milligramm Trockensubstanz war folgendes:

Feuchtigkeit des Bodens	Weizen		Roggen		Hafer	
	Gesammternte	Körner	Gesammternte	Körner	Gesammternte	Körner
zwischen 80 u. 90 % der wasserfassenden Kraft	34,685	11,420	26,718	10,323	27,633	11,853
„ 60 „ 40 „	31,693	10,298	25,478	10,351	24,846	10,911
„ 40 „ 20 „	23,480	8,425	19,860	8,080	19,595	7,810
„ 20 „ 10 „	9,768	2,758	12,146	3,876	5,988	1,798

*) Vergl. E. Wollny, Die Pflanze und des Wasser, Zeitschrift des landwirthschaftlichen Vereins für Bayern 1880.

Bei diesen Versuchen zeigten die Pflanzen durchweg ein gesundes Aussehen; auch die in dem trockensten Boden gezogenen blieben grün. Ihre Entwicklung war jedoch eine erheblich unvollkommenere als diejenige der bei normaler Feuchtigkeit aufgezogenen Pflanzen; sie verhielten sich ähnlich wie Pflanzen, welche an einem Nährstoffe Mangel leiden.

Der Wasserverbrauch der Pflanzen ist ein sehr erheblicher, da dieselben zum Aufbau ihrer organischen Substanz grosse Mengen Wasser erfordern. Ferner ist das Wasser zur Auflösung und Fortschaffung derjenigen Stoffe nothwendig, welche sich in bestimmten Pflanzentheilen aufgespeichert haben und von dort den nährstoffbedürftigen oder solchen Theilen zugeführt werden, in welchen eine neuerliche Ablagerung stattfindet.

Der Wasserverbrauch für die Ernährung und das Wachsthum der Pflanzen ist jedoch im Vergleiche zu dem wirklichen Consume verhältnissmässig gering; das gesammte Bedürfniss an Wasser findet erst in der Transpiration durch die Blätter der Pflanzen seine Erklärung, welcher Vorgang sehr beträchtliche Wassermengen erforderlich macht. Bekanntlich besteht in den Pflanzen eine Wasserströmung von der Wurzel nach den äusseren Theilen, wo durch die mit Spaltöffnungen versehenen Organe der Verdunstungsprocess vor sich geht. Die Wurzel muss demnach aus dem Boden so viel Wasser aufnehmen, wie zur Verdunstung gelangt, damit der Lebensprocess in der Pflanze erhalten bleibe. Die Stärke der Transpiration, welche mithin den zur Anfeuchtung erforderlichen Wasserbedarf wesentlich bedingt, hängt von verschiedenen Umständen ab, besonders von der Pflanzenspecies, der im Boden vorhandenen Wassermenge, dem Düngungszustande des Bodens, ferner von der Wärme, der Insolation und von der Intensität des Lichtes.

Wie allgemein bekannt, übt in gleicher Weise wie der Mangel an Wasser, so auch das Uebermass an demselben schädliche Wirkungen aus. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, dass bei vollständiger Durchtränkung des Bodens mit Wasser in Folge des stattfindenden Luftabschlusses die Wurzeln aus Mangel an Sauerstoff zu Grunde gehen und überdies im Boden dem Pflanzenwachsthume schädliche chemische Verbindungen entstehen.

Von besonderer Wichtigkeit ist abgesehen von der Quantität des zur Anfeuchtung dienenden, entweder durch Niederschläge oder durch Bewässerung dem Boden zugeführten Wassers die Vertheilung desselben während der Vegetationsperiode. Nach den von Hellriegel mit Gerstenpflanzen ausgeführten Untersuchungen übt eintretende Trockenheit nach Ausbildung der Körner, selbst wenn diese im Innern noch ganz wässerig sind, keinen nachtheiligen Einfluss auf die Production. Dagegen wirkt die Trockenheit in allen früheren Entwicklungsstadien überaus nachtheilig und dies in um so höherem Grade, je jünger die Pflanze ist.

Hellriegel ermittelte das Erforderniss an Wasser zur Erzeugung von 1 kg Gerstenkörner auf 700 l. Es würden demnach für eine Mittel-

ernte von 2000 kg Gerstenkörner pro Hektar 1 400 000 l Wasser erforderlich sein, was einer Regenmenge von 140 mm während der Vegetationsdauer entspricht. Wo der Niederschlag einschliesslich der im Boden vorhandenen Winterfeuchtigkeit diese Höhe nicht erreicht, erscheint demnach die Bewässerung angezeigt. Aus den früheren Angaben über die Niederschlagsmengen geht übrigens hervor, dass dieselben bei uns zumeist erheblich höher sind.

Das Wasser hat, wie bereits hervorgehoben, gleichzeitig mit der Lieferung des Vegetationswassers die Aufgabe, die im Boden vorhandenen Nährstoffe zu lösen und aufnahmefähig zu machen. Ist die Feuchtigkeit des Bodens zu gering, so wird die Zersetzung der Dungstoffe organischer Natur, wie Stallmist, Compost u. s. w. und die Bildung leicht aufnehmbarer Pflanzennährstoffe behindert, so dass der in den Boden gebrachte Dünger von keinem oder von nur geringem Einflusse auf die Production ist. In gleicher Weise erweist sich für die Lösung der Nährstoffe ein zu erhebliches Wasserquantum schädlich; in diesem Falle wird der Luftzutritt gehemmt und es findet in Folge von Desoxydationsprocessen eine Bildung von dem Pflanzenwachsthume schädlichen Stoffen statt.

Die Wasserversorgung der Pflanzen ist nicht allein von der Wasserzufuhr (Menge, Vertheilung), sondern mindestens ebenso, ja vielleicht in noch höherem Grade von dem Verhalten des Bodens zu dem ihm zugeführten Wasser abhängig. Bei gleicher Quantität und Vertheilung des Wassers werden bei verschieden physikalischer Beschaffenheit des Bodens die den Pflanzen zur Verfügung stehenden Feuchtigkeitsmengen ausserordentlich verschieden sein, so dass die Bodenbeschaffenheit bei Beurtheilung der hier einschlagenden Fragen stets mit berücksichtigt werden muss.

Die anfeuchtende Bewässerung kommt auch in Betracht, wenn die Bewässerungsanlage in erster Reihe zur düngenden Bewässerung dient, wie dies in der Regel bei permanenten Wiesen der Fall ist. Hier ist eine Anfeuchtung, besonders nach dem ersten Schnitte, von grossem Werthe, falls in dieser Periode kein ausgiebiger Regen eintritt; denn der abgeerntete Boden wird bei fehlender Feuchtigkeit durch die Sonnenstrahlen stark ausgedörrt, so dass der Graswuchs erheblichen Schaden leidet. Oft geht hierdurch der zweite Schnitt gänzlich verloren. Es empfiehlt sich demnach stets, auch wenn die Anlage speciell zur düngenden Bewässerung dient, für eine Anfeuchtung nach dem ersten Schnitte Sorge zu tragen, vorausgesetzt, dass die Sommerwasserstände des Baches oder Flusses, welcher das Wasser liefert, dies zulassen.

2. Die düngende Wirkung.

Das Wasser, welches zur Bewässerung von Aeckern und Wiesen in Verwendung kommt, ist niemals chemisch rein, sondern enthält stets grössere oder geringere Mengen von Stoffen, die theils mechanisch mit dem Wasser mitgeführt werden, d. h. in diesem suspendirt sind und als Schlamm oder Schlick bezeichnet werden, theils solche,

welche im Wasser gelöst sind. Im Quellwasser finden sich vorwiegend die letzteren Stoffe, während im Fluss- und Bachwasser neben diesen auch die ersteren in mehr oder minder beträchtlicher Menge vorhanden sind. Die Menge der suspendirten Stoffe ist ausserordentlich veränderlich; nach plötzlichen Niederschlägen, durch welche grosse Massen fester Bestandtheile von den Aeckern und den Uferböschungen in die Wasserläufe geführt werden, nimmt dieselbe oft in erheblichem Masse zu, was bereits aus der verstärkten Trübung des Wassers ersichtlich ist, noch mehr aber durch die starken Niederschläge, welche derartiges Wasser verursacht, wenn es in Folge einer Erweiterung des Profiles, also z. B. beim Uebertritte auf Wiesen und Felder, zur Ermässigung seiner Geschwindigkeit bezw. zur Stagnation gebracht wird.

Die Wirkung dieser in beiden Formen von dem Wasser mitgeführten Stoffe ist eine verschiedene und bei den suspendirten Körpern am leichtesten zu verstehen. Dieselben schlagen sich auf dem Boden, bei Wiesen zwischen den Gräsern, nieder, wodurch der Boden sowohl an Pflanzennährstoffen bereichert als auch häufig die Beschaffenheit desselben in physikalischer Hinsicht verbessert wird. Die Menge der aus dem Wasser ausgeschiedenen, suspendirten Stoffe hängt im Wesentlichen von dem Grade der Geschwindigkeitsverzögerung desselben und von der Schwere dieser Stoffe ab. Je langsamer das Wasser über die zu bewässernde Fläche strömt, desto grössere Mengen des mitgeführten Schlammes gelangen zum Niederschlage; bei Staubewässerungs-Anlagen, bei welchen das Wasser vollständig zur Stagnation gelangt, findet demnach eine weit vollkommenere Ausnutzung der Schlicktheile statt als bei Rieselanlagen.

Die gelösten Stoffe zeigen ein gänzlich abweichendes Verhalten; sie werden durch das Absorptionsvermögen des Bodens und in Folge directer Aufnahme der Stoffe durch die Pflanzen diesen zugeführt. Jedoch stimmen alle Untersuchungen darin überein, dass die Aufnahme der gelösten Stoffe durch Absorption eine verhältnissmässig geringe, jedenfalls aber eine nach verschiedenen, noch zu erwähnenden Umständen sehr wechselnde ist.

Prof. Adolf Mayer schildert diesen Vorgang in folgender, treffender Weise:*) „Seit dem Bekanntwerden des Absorptionsvermögens der Ackererde hat man sich von der Wirkungsweise der gelösten Stoffe eine Vorstellung gemacht, welche deren Ausnutzung als von der directen Aufnahme durch die Pflanzen unabhängig hinzustellen versprach. Die Ackererde besitzt nämlich, wie bekannt, unter allen Umständen — obwohl in sehr verschiedenem Grade — die Fähigkeit, aus Lösungen von Mineralsalzen einen Theil dieser letzteren an sich zu reissen und festzuhalten.

*) Mit freundlicher Genehmigung des Herrn Prof. A. Mayer einer Arbeit desselben in Fühling's landwirthschaftlicher Zeitung, Jahrgang 1873, Seite 14 entnommen.

Diese Fähigkeit, welche sich mit Wahrscheinlichkeit ganz und gar auf eine Reihe von theilweise sehr complicirten chemischen Reactionen zurückführen lässt, nennt man bekanntlich das Absorptionsvermögen der Ackererde. Da sich unter den löslichen Stoffen, welche in dieser Weise niedergeschlagen werden können, auch eine Reihe von Pflanzennährstoffen befindet, so ist die Nützlichkeit des Absorptionsvermögens für die Pflanzen, die sich mit ihren Wurzeln in der Ackererde befinden, einleuchtend genug.

Bei der Beurtheilung der Wirkungsweise der gelösten Stoffe eines Bewässerungswassers von diesem neu gewonnenen Gesichtspunkte aus glaubte man nun bald im Klaren über die eigentliche Düngewirkung der Bewässerung zu sein. Man sagte einfach, dass jene Stoffe beim Durchfiltriren durch die Ackererde von dieser festgehalten würden und dann natürlich den Pflanzenwurzeln zu Gebote ständen. Man ging so weit in dieser Anschauung, dass man bei Berechnung der Nährstoffmenge, welche einer Wiese durch eine Bewässerungseinrichtung zur Verfügung gestellt wurde, einfach das Resultat der Wasseranalyse und das Wasserquantum zu Grunde legte und so die ganze Menge auch der gelösten Stoffe in der Ackererde verbleibend sich vorstellte, oder dass man ein Uebriges zu thun glaubte, wenn man einen ansehnlichen Bruchtheil, als wegen unvorhergesehener Fälle verloren gehend, in Abzug brachte.

Diese Vorstellung enthält, wie wir sogleich sehen werden, einen handgreiflichen Irrthum. Man hat sich in Folge von einseitigen Darstellungsweisen, die wir hier nicht berühren können, gewöhnt, das Absorptionsvermögen als etwas Absolutes anzusehen. Hatte man doch behauptet, dass die Drainwässer und ähnliche Untergrundwässer, welche aus der Ackererde abfliessen, nur verschwindende Mengen von absorbirbaren Stoffen enthielten. Nun endlich tritt es mehr und mehr in das Bewusstsein aller Betheiligten, dass wir es in den Absorptionskräften eben nur mit Kräften von einer gewissen Stärke zu thun haben, denen unter den in Wirklichkeit bestehenden Verhältnissen andere Kräfte, vor Allem die Lösungskraft des Wassers selbst, mit Erfolg Concurrenz machen und dass es beim Zusammenbringen einer Ackererde von einem bestimmten Absorptionsvermögen mit einer Nährstofflösung ganz von der Concentration dieser Lösung und von der Sättigung der Ackererde mit in der Lösung enthaltenen, absorbirbaren Stoffen abhängen muss, ob neue Absorption oder umgekehrt Lösung von vorher absorbirten Stoffen oder endlich gar kein Austausch eintreten wird, und das nur bei den Laboratoriumsversuchen mit den dort üblichen, vergleichungsweise sehr concentrirten Nährstofflösungen die Dinge in so gleichmässiger Weise verlaufen. Ist die Erde durch reichliche Verwitterung, starke Düngung, schonende Behandlung oder Berührung mit sehr guten Bewässerungswässern reich an löslichen Bestandtheilen, das nun hinzukommende Wasser aber arm, so wird gerade das Gegentheil von dem eintreten, was man nach der landläufigen Vorstellung erwarten sollte: das Bewässerungs-

wasser wird nicht nur kein Viertels-Procent seiner gelösten Bestandtheile an die Erde abtreten, sondern im Gegentheil, diese wird durch jenes beraubt werden, das die Erde verlassende Wasser wird sich auf Kosten dieser an gelösten Nährstoffen bereichern. Umgekehrt wird eine möglichst grosse Ausnutzung der gelösten Bestandtheile des Wässerungswassers zu erwarten sein, wenn dieses reich an solchen ist, der Boden aber arm und gleichwohl ein starkes Absorptionsvermögen besitzt."

Es existirt eine sehr grosse Zahl von Untersuchungen über die Aufnahme der suspendirten und der gelösten Stoffe des Bewässerungswassers durch den Boden und die Pflanzen; die wichtigsten derselben sind in der unten angegebenen Literaturquelle*) verzeichnet. In dem Nachfolgenden sollen die Resultate einiger dieser Untersuchungen mitgetheilt werden und zwar zunächst diejenigen der Untersuchungen von Bardeleben über die Wirkung des Rieselwassers bei den Bewässerungsanlagen der Boker Heide in Westphalen.

Dr. Bardeleben untersuchte während der Herbstbewässerung sieben Wasserproben, sämmtlich dem Haupt-Bewässerungscanale der Boker Heide entnommen, von denen Nr. I reines Lippewasser enthielt, Nr. II bereits einmal zur Flössung benutzt war, Nr. III zweimal und ausserdem mit dem Druckwasser eines Baches vermischt war. Nr. IV war dreimal benutzt, Nr. V viermal, Nr. VI wiederum Canalwasser mit fünfmal benutztem Flösswasser und endlich Nr. VII eine Mischung von sechsmal benutztem Wasser und dem Canalwasser.

---

*) Die hervorragendste ältere Publication über die Wirkung des Wassers bei der Bewässerung ist das Werk von Hervé Mangon: Expériences sur l'emploi des eaux dans les irrigations. Die Untersuchungen von Bardeleben über das Wasser der Bewässerungsanlagen der Boker Heide erschienen zuerst in dem Jahresberichte der Gewerbeschule zu Bochum, in der Folge in der Zeitschrift: der Cultur-Ingenieur, Band III, Seite 34. Vor Allem sind aber die neueren, gründlichen Untersuchungen von Dr. J. König hervorzuheben und zwar: Untersuchungen über quantitative und qualitative Veränderung des Rieselwassers bei öfterer Benutzung desselben, Landwirthschaftliche Jahrbücher 1877, Seite 287, 1879 Seite 505; ferner unter dem Titel: Veränderungen und Wirkungen des Rieselwassers bei der Berieselung, Landwirthschaftliche Jahrbücher, 1882 Seite 158. Weitere Untersuchungen über die Wirkung des Rieselwassers sind in der Arbeit von Dr. J. Ullik: Agriculturchemische Studie über eine Wässerungswiese, Oesterreichisches landwirthschaftliches Wochenblatt, Jahrgang 1878, Nr. 32 und 34 enthalten.

Das Resultat der Untersuchung war, in Grammen pro Liter ausgedrückt, folgendes:

1. Feste Bestandtheile.

	Bezeichnung der Wasserprobe.						
	Nr. I.	Nr. II.	Nr. III.	Nr. IV.	Nr. V.	Nr. VI.	Nr. VII.
Gesammtbetrag der Sinkstoffe, bei 100 Grad Celsius getrocknet	0,1286	0,1064	0,0235	0,0094	0,0062	0,0144	0,0148
Thon und Sand	0,1068	0,0872	0,0186	0,0062	0,0043	0,0032	0,0029
Kohlensaurer Kalk	0,0094	0,0089	0,0027	0,0014 (Kalk und Bittererde zusammen)	0,0008	0,0036	0,0032
Kohlensaure Bittererde . . .	0,0009	0,0008	0,0003				
Eisenoxyd	0,0007	0,0006	0,0004	0,0003	0,0003	0,0006	0,0005
Organische Substanz und Wasser	0,0018	0,0016	0,0005	0,0004	0,0004	0,0021	0,0030
Summe der durch die Analyse gefundenen Bestandtheile	0,1196	0,0991	0,0225	0,0083	0,0058	0,0095	0,0096
Verlust bei der Analyse . .	0,0090	0,0073	0,0010	0,0011	0,0004	0,0049	0,0052
Gesammtsumme wie oben:	0,1286	0,1064	0,0235	0,0094	0,0062	0,0144	0,0148

Der Gehalt an Sinkstoffen nimmt somit von I bis V ab, wogegen das Wasser von VI bis VII wieder reicher an suspendirten Stoffen erscheint, was wahrscheinlich in einer örtlichen Abschwemmung leichter Bestandtheile während der Wässerung seinen Grund hat. Es setzt das Wasser auf seinem Wege von I nach II 17,26 Procent der gesammten Sinkstoffe ab, auf dem Wege von II nach III verliert es sogar 64,46 Procent, von III bis IV 10,96 Procent, von IV bis V nur 2,49 Procent; hierauf folgt wiederum eine Zunahme, wie in der Tabelle angegeben.

II. Gelöste Bestandtheile.

	Bezeichnung der Wasserprobe.						
	Nr. I.	Nr. II.	Nr. III.	Nr. IV.	Nr. V.	Nr. VI.	Nr. VII.
Gesammtmenge der gelösten Bestandtheile, Abdampfrückstand bei 100 Grad C. getrocknet	0,2848	0,2750	0,2672	0,2644	0,2611	0,2604	0,2595
Kalk	0,1076	0,0996	0,0932	0,0925	0,0924	0,0926	0,0925
Bittererde	0,0064	0,0059	0,0054	0,0053	0,0053	0,0052	0,0052
Thonerde und Eisenoxyd	0,0022	0,0022	0,0019	0,0018	0,0018	0,0019	0,0018
Kieselerde	0,0048	0,0046	0,0044	0,0041	0,0041	0,0040	0,0039
Kali	0,0031	0,0031	0,0029	0,0029	0,0030	0,0030	0,0030
Natron	0,0092	0,0091	0,0090	0,0090	0,0088	0,0089	0,0088
Kohlensäure	0,0796	0,0778	0,0744	0,0742	0,0741	0,0742	0,0742
Phosphorsäure	0,0004	0,0004	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002
Schwefelsäure	0,0097	0,0095	0,0092	0,0091	0,0089	0,0090	0,0087
Chlor	0,0234	0,0234	0,0233	0,0231	0,0234	0,0235	0,0235
Organische Substanz und Wasser	0,0359	0,0352	0,0341	0,0339	0,0336	0,0342	0,0343
Summe der durch die Analyse gefundenen Bestandtheile	0,2823	0,2708	0,2580	0,2561	0,2556	0,2568	0,2561
Verluste bei der Analyse	0,0025	0,0042	0,0092	0,0083	0,0055	0,0036	0,0034
Gesammtsumme wie oben:	0,2848	0,2750	0,2672	0,2644	0,2611	0,2604	0,2595

Es geht aus dieser Untersuchung hervor, dass auch von den gelösten Stoffen ein Theil den Pflanzen zu Gute kommt. Derselbe ist aber sehr gering im Vergleiche zu denjenigen Stoffen, welche suspendirt mit dem Wasser mitgeführt wurden. Von letzteren blieben nahezu $^{9}/_{10}$ der ursprünglichen Menge zurück, während von den gelösten Stoffen der Verlust bezw. der Gewinn für den Boden kaum $^{9}/_{100}$ betrug. Ausserordentlich gering ist der Verlust, den das Canalwasser an gelöstem Kali und Phosphorsäure, also den wichtigsten Nährstoffen, erleidet.

Es zeigen demnach diese Versuche, dass es vorwiegend die schlammigen Bestandtheile sind, welche bei der Benutzung des Wassers zur Rieselung für den Boden gewonnen werden. Zu erwähnen ist übrigens, dass die Wiesen, denen das untersuchte Wasser zugeführt wurde, Sandflächen waren, deren Absorptionsvermögen demnach ein nur geringes war.

Die Untersuchungen von König, veröffentlicht a. a. O. 1877, betrafen gleichfalls das zu- und abfliessende Wasser der bereits von Bardeleben

untersuchten Anlagen; sie bildeten aber eine wesentliche Erweiterung der früheren, bei der Herbstberieselung angestellten Untersuchungen, indem sie in verschiedenen Zeiten und zwar Ende Februar, Anfang Mai und Ende Juli, zwischen dem ersten und zweiten Schnitte, ausgeführt wurden. Die Resultate wurden folgendermassen resumirt:

1) Bei der Herbst- und Winter- (Februar-) Bewässerung ergiebt sich bei öfterer Benutzung des Wassers eine erhebliche Abnahme der suspendirten Stoffe. Letztere bestehen in diesem Falle vorzugsweise aus Thon und kohlensaurem Kalk. Von den gelösten Stoffen konnte bei der Februarwässerung nur mit Bestimmtheit eine schwache absolute Abnahme bei Kalk und Kali constatirt werden; Chlor, Schwefelsäure, Magnesia und Natron haben sogar zugenommen. Es hat dies nichts Auffallendes; denn nach dem langen, anhaltenden Frostwetter war um diese Zeit noch keine Vegetation vorhanden und ausserdem durch starke Schnee- und Regenfälle der Boden gesättigt. Die Wasserbestandtheile unterliegen daher dem Absorptionsvermögen des Bodens; suspendirte Stoffe und Kalk (d. h. kohlensaurer) werden mechanisch niedergeschlagen, Kali wird in geringem Grade absorbirt, während die anderen Bestandtheile wegen ihrer geringen Absorptionsfähigkeit nicht festgehalten sondern sogar ausgewaschen werden.

Hiernach dürfte eine starke und stürmische Rieselung auf Sandboden zu einer Zeit, in welcher derselbe mit Feuchtigkeit gesättigt ist und keine Crescenz zeigt, nicht angezeigt sein.

2) Bei der Frühjahrsbewässerung zu Anfang Mai findet dagegen eine progressive und constante Abnahme an sämmtlichen Bestandtheilen des Wassers statt; dieselbe wird bei der Sommerwässerung eine rapide, ist bei Kali am stärksten und geht durchweg auf die Hälfte bis ein Drittel des unbenutzten Wassers.

Da der Boden nach der Februar-Probenahme und den Untersuchungen von Bardeleben keine grosse Absorptionskraft für die Bestandtheile des Wassers besitzt, so kann dieser höhere Verlust nur mit der vorgeschrittenen Vegetation in Verbindung gebracht werden.

König glaubt daher zu dem Schlusse berechtigt zu sein, dass die Ausnutzung eines Rieselwassers um so vollkommener vor sich geht, je stärker die Vegetation ist und ferner, dass die Nährstoffe des Wassers, da sie wenigstens für den Boden des Versuches keiner oder nur einer schwachen Absorption des Wassers unterliegen, direct von den Pflanzen aufgenommen werden.

Ueberdies constatirt der Versuchsansteller, dass der Verlust mit der Höhe der Temperatur zunimmt. Dieselbe betrug im Mittel bei der Februarwässerung 9,55 Grad Celsius, bei der Maiwässerung 8,69 Grad und bei der Sommerwässerung 22,4 bezw. im Vorjahre 20 Grad.

Die Resultate der König'schen Untersuchungen auf der in der Anmerkung, Seite 481 erwähnten Versuchswiese, veröffentlicht a. a. O. 1882, bestätigten die Ergebnisse der früheren Untersuchungen, dass für

die düngende Wirkung des Rieselwassers weniger die Absorptionskraft des Bodens als das Niederschlagen mechanisch suspendirter Schlammtheile und die directe Aufnahme der Nährstoffe aus dem Wasser durch die Pflanzen in Betracht kommen. Zu dieser Schlussfolgerung gaben folgende Resultate Veranlassung:

a) Die Abnahme in dem mehrmals benutzten Rieselwasser ist um so grösser, je stärker das Wachsthum der Pflanzen ist; sie ist stärker in der wärmeren Jahreszeit als im Winter, wo bei starker Rieselung sogar eine Zunahme an gelösten Mineralstoffen stattfinden kann.

b) Bei an sich reichen, schweren Bodenarten ist die Abnahme an gelösten Mineralstoffen viel geringer als bei armen Sandböden.

c) Die Abnahme für die einzelnen Nährstoffe bei gleicher Absorptionsfähigkeit durch den Boden ist eine verschiedene und richtet sich nach dem Wachsthumsbedürfnisse der Pflanzen.

Der einzige Nährstoff, für welchen die Abnahme auf eine Absorption durch den Boden zurückgeführt werden musste, ist das Kali.

König bringt für diese Ergebnisse ein überaus reichhaltiges Zahlenmaterial bei, welches hier auch im Auszuge nicht wiedergegeben werden kann.

Die Untersuchungen gaben ferner Aufschluss über das Verhalten des Sauerstoffes, der Kohlensäure und der organischen Substanz. König bezeichnete bereits auf Grund früherer Untersuchungen als eine Hauptwirkung des Rieselwassers die bodenreinigende Eigenschaft desselben, eine Eigenschaft, welche auf der Wiese den Spaten und Pflug ersetzt. Er schloss dies

a) aus der durchgehenden Zunahme an gelöster organischer Substanz durch die Berieselung,

b) aus der Abnahme des Sauerstoffes in vielen Fällen,

c) aus der Vermehrung an Kohlensäure.

Auf der Versuchwiese, wo das Wasser theils oberirdisch (bei der gewöhnlichen Rieselung), theils unterirdisch (mittelst Drainage) abgeleitet wurde, ergaben sich:

a) Eine Zunahme an organischen Stoffen bei dem oberirdisch abrieselnden Wasser, wenn das aufrieselnde keine grössere Mengen suspendirter organischer Substanz einschliesst; bei dem unterirdisch abfliessenden Wasser ist die Menge der organischen Stoffe stets geringer.

b) Eine Zunahme des Sauerstoffes bei dem oberirdisch abrieselnden, eine Abnahme gegenüber dem letzteren bei dem unterirdisch abfliessenden Wasser.

c) Eine Abnahme an Kohlensäure bei dem oberirdisch abfliessenden Wasser, eine Zunahme bei dem unterirdisch abfliessenden.

d) Aehnlich wie die Kohlensäure verhält sich die Schwefelsäure.

Die Zunahme an Sauerstoff bei dem oberirdisch abrieselnden Wasser schreibt König dem Umstande zu, dass das Wasser bei seiner Ausbreitung an der Luft ausserordentlich rasch Sauerstoff aufnimmt. Zu

bemerken ist, dass das Wasser nur einmal über die Versuchswiese geleitet wurde; sobald das Wasser durch die Bodenschichten filtrirte, so wurde, ähnlich wie bei früheren Versuchen mit mehrfach benutztem Wasser, welches theilweise durch Bodenschichten filtrirt war, eine Abnahme an Sauerstoff gefunden.

„Für die Function des Bodens im Kreislaufe des Stoffes spielt unzweifelhaft der Athmungsprocess, d. h. Sauerstoffzufuhr, eine ebenso wichtige und nothwendige Rolle wie im Leben der Pflanzen und Thiere" (a. a. O. Seite 208).

3. Die erwärmende Wirkung.

Das Bach- und Flusswasser, welches vornehmlich zur Bewässerung verwendet wird, besitzt im Allgemeinen im Herbste und Frühjahre, also in den Hauptzeiten der Wiesenbewässerung, eine höhere Temperatur als der Boden und die Luft. Dasselbe dient demnach zur Erwärmung des Bodens, schützt denselben im Herbste längere Zeit vor Wärmeausstrahlung und Frost und erwärmt ihn im Frühjahre bei durchfrorenem Boden schneller. Die höhere Temperatur des bewässerten Bodens ist im Vereine mit den bereits hervorgehobenen Umständen die Ursache, dass die Vegetation auf bewässerten Wiesen im Frühjahre früher eintritt und im Herbste länger erhalten bleibt als auf unbewässerten Wiesen.

Das lehrreichste Beispiel der Erwärmung des Bodens durch die Bewässerung geben die oberitalienischen Winterwiesen, die Marcite, bei welchen die Vegetation das ganze Jahr hindurch ohne Unterbrechung von Statten geht, falls nicht durch ausnahmsweise niedrige Temperaturen in den Wintermonaten eine Sistirung derselben auf kurze Zeit stattfindet. Es wird dies durch Verwendung von Quellwasser ermöglicht, dessen Temperatur 5 bis 8° C., zuweilen auch 10° C., beträgt. Man verwendet das Wasser in so beträchtlichen Mengen (30 bis 50 l beständigen Zufluss pro Hektar und Sekunde), wie dies bei uns für die düngende Wiesenbewässerung üblich ist. Das Wasser erwärmt den Boden im Winter, schützt die Pflanzen vor Frost und erfolgt somit in der Regel keine oder nur eine sehr kurze Unterbrechung der Vegetation.

4. Weitere Aufgaben der Bewässerung.

In gleicher Weise, wie man im Stande ist, mit Hilfe des Wassers von angemessener Temperatur die Bodenwärme zu erhöhen, um die Vegetation zu befördern und schädliche Einflüsse zu beseitigen, so kann in einzelnen Fällen das Wasser auch Verwendung finden, um die Temperatur zu erniedrigen. Ein Beispiel dieser Art der Wasserverwendung zeigt die italienische Leincultur. Dem Lein ist bekanntlich eine zu hohe Temperatur (über 20° C.) insofern schädlich, als sich hierbei die Blüthen und Samen auf Kosten der Fasern entwickeln und diese somit nur höchst unvollkommen ausgebildet werden. In Italien wird der Lein kurz vor der Blüthe mehreremale bewässert, wodurch in

Folge der starken Verdunstung des aufgebrachten Wassers die Temperatur erniedrigt wird. Ausserdem findet dort eine Bewässerung der Leinpflanze nicht statt, es sei denn, dass der Boden für die Aussaat zu trocken ist, in welchem Falle ihm kurz vorher mittelst aufgeleiteten Wassers die nöthige Feuchtigkeit zugeführt wird.

Ferner kann das Wasser bei der Winterbewässerung der Wiesen mit Vortheil zur Reinigung derselben von Moosen und schlechten Gräsern benutzt werden. Wenn eine Wiese, die neben guten viele schlechte Gräser und Moose enthält, im Winter bei Frostwetter stark bewässert wird, so bildet sich auf derselben eine Eisschicht, welche eine Zerstörung der Moose und bei längerem Rieseln auch des Heidekrautes bewirkt. Die guten Gräser zeigen eine weit bessere Widerstandsfähigkeit gegen den Frost, so dass sie beim Aufthauen des Eises allein übrig bleiben. Dieses Verfahren erfordert selbstverständlich Vorsicht, damit nicht auch die guten Gräser Schaden leiden; dasselbe darf desshalb niemals in Anwendung gebracht werden, wenn die Wiese vorwiegend solche besitzt.

Enthält dagegen die Wiese viele Moose und Heidepflanzen, so empfiehlt es sich, im Winter, wenn scharfer Frost ohne Schnee eintritt, ununterbrochen Wasser aufzuleiten, so dass sich eine starke Eisschicht auf der Wiese bildet. Moose vergehen hierdurch sogleich; sie verschwinden beim Aufthauen des Eises, während für das Vertilgen des Heidekrautes in der Regel zwei Winterwässerungen erforderlich sind.

Endlich kommt das Wasser bei der Reiscultur in Verwendung, um den Boden in einen künstlichen Sumpf zu verwandeln. Da der Reis eine Sumpfpflanze ist, welche in trockenem Boden nicht zur Entwicklung kommt, so muss überall da, wo der Anbau nicht auf einem natürlichen Sumpfe stattfindet, der im Hochsommer abtrocknet, der Sumpf durch Zuführung von Wasser künstlich erzeugt werden.

Es wurde bereits wiederholt hervorgehoben, dass die beiden wichtigsten Aufgaben der Bewässerung die Anfeuchtung und die Düngung sind. Ersterer Zweck tritt vornehmlich in wärmeren Ländern oder Ländergebieten in den Vordergrund, wie in Oberitalien, im südlichen Frankreich und in Spanien; die düngende Bewässerung der Wiesen findet namentlich in Deutschland und im nördlichen bezw. nordöstlichen Frankreich Verwendung. Oft bezeichnet man das System der anfeuchtenden Bewässerung als italienische, dasjenige der düngenden Bewässerung als deutsche Bewässerungsmethode, Bezeichnungen, die jedoch insofern den Gegenstand nicht decken, als man in Italien auch in umfassendem Masse düngend bewässert, während man in Deutschland in manchen Fällen das Wasser nur zum Zwecke der Anfeuchtung verwendet und neben diesem noch Dünger in anderer Form den bewässerten Flächen zuführt. In Frankreich unterscheidet man die Bewässerung je nach der Aufgabe,

welche das Wasser zu erfüllen hat, bereits durch den Namen; die Bewässerung zur Anfeuchtung heisst *arrosage simple,* die düngende Bewässerung *irrigation fertilisante.* Letztere Bezeichnung entspricht dem Vincent'schen Ausdrucke „Fettrieseln" für denjenigen Bewässerungsmodus, bei welchem die Wirkung des Wassers hauptsächlich in dem Düngergehalte desselben gesucht und kein Dünger in anderer Form dem Boden zugeführt wird.

Beide Methoden unterscheiden sich bereits äusserlich in mancherlei Hinsicht. Bei der Anfeuchtung ist die directe Zufuhr des Wassers zu dem Boden und den Pflanzenwurzeln der Zweck, während bei der düngenden Bewässerung das Wasser nur das Transportmittel ist. Während für erstere Aufgabe sehr geringe Wassermengen, im grossen Durchschnitte 1 l pro Hektar und Secunde genügen, hängt die Wassermenge für die düngende Wässerung von dem Reichthume des Wassers an Nährstoffen, namentlich von den in suspendirter Form mitgeführten, ab. Jedenfalls ist aber das Vielfache, oft das 30fache und darüber des bei der anfeuchtenden Bewässerung erforderlichen Wassers nothwendig, wenn dasselbe dem Boden den vollen Ersatz der durch die Ernte entzogenen Stoffe liefern soll.

Ein zweiter, bereits äusserlich, d. h. in der Form der Bewässerungsanlage sich darstellender Unterschied zwischen der anfeuchtenden und der düngenden Bewässerung liegt in der Ableitung des Wassers. Benutzt man dasselbe allein zur Anfeuchtung, so soll von der zugeführten Wassermenge möglichst viel von dem Boden aufgenommen werden, um den auf demselben wachsenden Pflanzen zugute zu kommen. Da überdies in der Jahreszeit der anfeuchtenden Bewässerung eine lebhafte Verdunstung stattfindet, so sind Gräben für die Ableitung des benutzten Wassers in der Regel nicht oder wenigstens in nur geringem Ausmasse erforderlich. Bei der düngenden Bewässerung muss dagegen wegen der in Verwendung kommenden beträchtlichen Wassermenge und der schwachen Verdunstung im Herbste und Frühjahre stets für eine gesicherte Ableitung des Ueberschusses Sorge getragen werden, wenn das Land nicht in einen Sumpf verwandelt werden soll. Aus diesem Grunde müssen die Flächen, auf welchen das Wasser abrieselt, in hinlänglich stark abfallenden Hängen angeordnet sein und muss ferner die Ableitung des Wassers, sobald dieselbe nicht in Folge der natürlichen Lage mit Sicherheit erfolgt, durch wirksame Entwässerungsgräben ohne schädliche Stauungen ermöglicht werden.

Ein weiterer Unterschied zwischen der anfeuchtenden und der düngenden Bewässerung liegt in den Zeiten der Bewässerung. Bei ersterer findet die Bewässerung nur während des Wachsthumes der Culturpflanzen statt und in vereinzelten Fällen in beschränktem Masse kurz vor der Aussaat, um den Boden zur Aufnahme der Saat zu erweichen. Auch zu gewissen Zeiten innerhalb der Vegetationsperiode muss die Bewässerung unterbleiben, namentlich während der Blüthezeit. Ferner darf im heissen Sommer bei hellem Sonnenscheine nicht gewässert

werden, da hier das Wasser gewöhnlich kälter als die Luft und der Boden ist und somit die Pflanzen einen leicht schädlichen Temperaturwechsel erfahren würden. Die düngende Bewässerung findet dagegen hauptsächlich im Herbste nach der Ernte und zuweilen auch im Frühjahre statt. Man sucht hier durch möglichst starkes Wässern den Ersatz für die durch die Ernte entzogenen Nährstoffe zu geben. Dass bei diesem Systeme auch während der Vegetationsperiode, wenn Dürre eintritt, zum Zwecke der Anfeuchtung gerieselt werden kann, sobald in dieser Zeit das Wasser zur Verfügung steht, ist selbstverständlich.

5. Die Beurtheilung der Güte des Wassers.

Bei der Beurtheilung der Qualität des Wassers, von welcher der Erfolg einer Bewässerungsanlage so wesentlich abhängt, ist zunächst zu ermitteln, ob dasselbe nicht etwa Stoffe mit sich führt, welche dem Wachsthume der Pflanzen schädlich sein könnten. Es findet sich in der Natur jedoch nur höchst selten Wasser (das Meerwasser natürlich ausgenommen), welches als positiv nachtheilig für das Wachsthum der Culturpflanzen betrachtet werden muss. Dahin gehört das durch die Abgänge mancher industrieller Anlagen, namentlich der Eisenwerke, vergiftete Wasser, das Grubenwasser, das aus Torfstichen und Mooren abfliessende, mit Humussäuren geschwängerte Wasser, das Wasser der Salzquellen*) u. s. w. In der Regel kann kein Zweifel über die Schädlichkeit dieser Wässer obwalten, so dass eine eingehendere Untersuchung zumeist nicht erforderlich erscheint.

Soll das Wasser lediglich zur Anfeuchtung des Bodens dienen, so wird die Qualität desselben, vorausgesetzt, dass es keine schädlichen Substanzen enthält, im Wesentlichen gleichgültig sein. Bezweckt man dagegen, mit dem Wasser eine düngende Wirkung zu erzielen, so hängt der Erfolg und ferner die technische Anordnung, z. B. die Abmessungen der Hangflächen bei Rieselanlagen sowie die Menge des in der Zeiteinheit auf eine bestimmte Fläche zu verwendenden Wassers, wesentlich von dem Reichthume desselben an den wichtigeren Pflanzennährstoffen ab.

Den sichersten Aufschluss über denselben würde die chemische Analyse geben; jedoch ist zu beachten, dass es bei der wechselnden Beschaffenheit des Wassers einer Reihe von Untersuchungen bei verschiedenen Wasserständen der Bezugsquelle bedarf, um zuverlässigen Aufschluss über den Werth derselben für die Zwecke der Bewässerung zu gewinnen. Ueberdies würden sich hieran, soll die Untersuchung

*) Nach Untersuchungen von Bardeleben (Bericht der Königl. Provinzial-Gewerbeschule in Bochum, 1868) ist ein Wasser mit $^1/_2$ und mehr Procent Kochsalz für die Wiesencultur schädlich, als Rieselwasser benutzt, dem Graswuchse unbedingt nachtheilig. Weitere Untersuchungen über den Einfluss von kochsalzhaltigem Wasser auf die Vegetation, welche ähnliche Resultate lieferten, enthält ein Aufsatz von Dr. J. König in der Landwirthschaftlichen Zeitung für Westphalen und Lippe, Jahrgang 1876, Nr. 50, Seite 419.

einen practischen Werth besitzen, Analysen des Abwassers der Bewässerungsanlage knüpfen müssen, da die Beschaffenheit des Bodens einen erheblichen Einfluss auf die Wirkung des Wassers ausübt. Es müsste mithin eine vollständige Versuchsanlage eingerichtet werden, auf welcher diese Frage und vielleicht noch eine Reihe anderer zu lösen wären. Derartige kostspielige und zeitraubende Vorarbeiten sind für kleinere Anlagen, namentlich solche, die von einzelnen Besitzern ausgeführt werden, nicht möglich, wohingegen es sich wohl empfehlen dürfte, beim Projectiren ausgedehnter Bewässerungsanlagen unter bisher ganz oder theilweise unbekannten Verhältnissen, in der angedeuteten Weise vorzugehen.

Für gewöhnliche Fälle sucht man sich durch äussere Anzeichen von der Angemessenheit und der Güte des Wassers Kenntniss zu verschaffen. Zunächst lassen sich in der Regel bereits aus dem Ursprunge des Wassers Rückschlüsse auf die Wirkung desselben für Bewässerungszwecke machen. Entspringen die Quellen aus sedimentären Schichten, so sind sie zumeist reicher an Mineralstoffen, als wenn sie dem Urgebirge entstammen; namentlich wird das Wasser als vorzüglich gut anerkannt werden, wenn dasselbe bei seinem unterirdischen Laufe Mergelschichten durchstreichen musste. Dagegen wird das Wasser in der Regel arm an düngenden Substanzen sein, wenn es mächtige Schichten Sand und Schotter passirt hat und so fast frei von suspendirten Stoffen erscheint. Der Reichthum des Wassers an Pflanzennährstoffen hängt übrigens im Wesentlichsten davon ab, ob der Wasserlauf, welcher zur Bewässerung in Verwendung kommen soll, viele reich gedüngte Felder und Ortschaften passirt hat, deren Abwässer er in seinem Laufe aufnimmt. Ist dies in beträchtlichem Masse der Fall, so würde sich derartiges Wasser stets in vorzüglichster Weise zu Bewässerungszwecken eignen, selbst wenn die Kosten der Aufleitung und der örtlichen Anlage nicht ganz unerheblich ausfallen sollten.

Als äusseres Kennzeichen für die Güte des Wassers wird häufig die dunkle Farbe des Schlickes erwähnt, welche ein für Bewässerungszwecke sehr geeignetes Wasser nachweisen soll. Es ist dieses Kennzeichen jedoch kein zuverlässiges, da hin und wieder auch dunkler Schlick vorkommt, z. B. ein aus Torftheilchen gebildeter, dessen düngende Wirkung sich sehr niedrig stellt.

Einen recht guten Anhaltpunkt für die Beurtheilung der Qualität des Wassers bieten dagegen die im Wasser und an den Ufern wachsenden Pflanzen. So wird das Vorkommen von Wasserfäden *(confervae)*, der Brunnenkresse *(Nasturtium officinale)*, des Wasserehrenpreises *(Veronica beccabunga)*, des Wasserrispengrases *(Glyceria aquatica)* als Zeichen eines guten Wassers angegeben, wohingegen die Scheingräser, die Binsen *(Cyperaceae)*, die Simsen *(Junceae)*, die Riedgräser *(Cariaceae)*, das Rohr *(Arundo donax)*, der Schierling *(Cicuta virosa)* ein Wasser von geringer Güte anzeigen. *Chara* zeigt ein kalkreiches, die *Nymphaea*-Arten ein sehr langsam fliessendes oder vollständig stagnirendes Wasser an.

Die Verwendung derartigen Wassers von geringer Güte ist übrigens für Bewässerungszwecke nicht ausgeschlossen, besonders, wenn den Flächen noch Dünger in anderer Form zugeführt wird. Namentlich kann dasselbe aber für die Zwecke der Anfeuchtung gute Dienste leisten.

Häufig ist es ohne Schwierigkeiten möglich, ein an Dungstoffen armes oder sogar mit schädlichen Stoffen behaftetes Wasser durch eine geeignete Behandlung zu verbessern. Enthält das Wasser schädliche suspendirte Stoffe, so ist es zuweilen möglich, dasselbe zunächst in Bassins zu leiten, in denen das Wasser seine Geschwindigkeit verzögert und somit die schweren Stoffe ausscheidet. Auch empfiehlt es sich, Grubenwasser aus Steinkohlen-Bergwerken erst zu benutzen, nachdem dasselbe eine längere Strecke oberflächlich gelaufen und mit Tagewasser vermischt ist. Auf diese Weise scheiden sich die ursprünglich nachtheiligen Salze theilweise aus, während sie anderntheils jetzt in derartig verdünnter Lösung vorhanden sind, dass sie keinerlei Schaden verursachen können. Auch ist es vortheilhaft, die Sohlen der Canäle, welche derartiges Wasser führen, mit groben Kieseln zu belegen, wodurch eine gute Reinigung des Wassers erzielt wird.

Bei kleineren Bewässerungsanlagen empfiehlt es sich, zum Zwecke der Bereicherung eines an Dungstoffen armen Wassers Jauche oder stickstoffreiche Abwässer von Zucker- und Stärkefabriken in den Bewässerungscanal zu leiten; auch kann man den letzteren durch Gruben führen, in denen alle, einen Düngerwerth besitzenden Abfälle eingebracht werden. Ein älterer Schriftsteller und erfahrener Practiker in Wiesenbewässerungen, G. C. Patzig, empfiehlt,*) in dem Haupt-Zuleitungsgraben einen aus Latten gebildeten Kasten anzubringen und diesen mit gutem Schafdünger und etwas wenig gelöschtem Kalk anzufüllen, wodurch die düngende Wirkung des Wassers ausserordentlich erhöht wird. In diesen Kasten sollen ferner alle in der Wirthschaft gefallenen Thiere geschafft werden, die in kurzer Zeit vollständig von dem durchfliessenden Wasser aufgelöst werden und eine vortreffliche Düngung der Wiesen bewirken.

b. Der Wasserbedarf.

Aus dem Vorangegangenen ergiebt sich, dass das für eine Bewässerung erforderliche Wasserquantum je nach dem Zwecke derselben, dem Klima, der Bodenbeschaffenheit, den Culturen und manchen anderen Factoren ausserordentlich verschieden ist. Der Wasserbedarf muss somit für jeden speciellen Fall ermittelt werden, es sei denn, dass bereits umfassende Erfahrungen für gleiche Verhältnisse vorliegen.

Als Mass für das Wasserquantum der Bewässerungsanlagen wählt man entweder die Höhe, zu welcher sich das zugeführte Wasser in einer

*) G. C. Patzig, Der practische Rieselwirth; Anleitung, natürliche Wiesen durch Bewässerung in ihrem Ertrage zu erhöhen u. s. w., Seite 49; Leipzig 1840.

bestimmten Zeit, in der Regel in 24 Stunden, oder bei einmaliger Bewässerung auf dem Boden ansammeln würde, wenn dasselbe unverändert auf demselben stehen bleibt, also weder oberflächlich abfliesst, noch verdunstet, noch in den Boden einsinkt. Man nennt diese Höhe die Stauhöhe oder Irrigationshöhe. Oder man drückt den Bedarf an Wasser durch dasjenige Raummass aus, welches pro Flächen- und Zeiteinheit erforderlich ist. Die erstere Methode ist für manche Berechnungen und Vergleiche sehr zweckmässig; es genügt das einfache Mass der Wasserschicht, ohne hierzu die Fläche in Berücksichtigung zu ziehen und es entspricht ferner der Ausdruck für die Stauhöhe der bei Bemessung der Niederschläge und der Verdunstung üblichen Ausdrucksweise. Es ist somit sehr leicht, die Beziehungen dieser drei, in einem innigen Zusammenhange stehenden Factoren aus den vorliegenden Zahlen zu ersehen. Trotzdem ist die zweite Methode, und zwar die Festsetzung des Wasserconsums in Litern pro Hektar und Secunde, die üblichere, besonders, da seit der allgemeinen Adoptirung des metrischen Masssystemes die einschlagenden Berechnungen sich in einfachster Weise ausführen lassen.

Bei der Angabe des Wasserverbrauches muss im Voraus festgestellt sein, ob es sich um den andauernden Zufluss handelt, der je nach dem passenden Turnus der Bewässerung auf gewisse Perioden vertheilt wird, oder ob das angegebene Quantum den effectiven Consum in einer bestimmten Zeit oder bei einmaliger Bewässerung ausdrückt.

In der Regel ist die Angabe des Wasserbedarfes in Litern pro Secunde so zu verstehen, dass ein continuirlicher Zufluss während der Bewässerungsperiode das angegebene Quantum betragen würde.

Wird der Consum z. B. auf 1 l pro Hektar und Secunde und gleichzeitig angegeben, dass die Bewässerung in den 6 Monaten April bis September in einem Turnus von 10 Tagen stattfindet, so ist der Jahresbedarf pro Hektar

$$\frac{60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 183}{1000} = 15\,811{,}2 \text{ cbm.}$$

Für jede einzelne Bewässerung ergiebt sich ein Wasserbedarf pro Hektar

$$\frac{60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 10}{1000} = 864 \text{ cbm,}$$

welcher einer Stauhöhe von

$$\frac{864}{10\,000} = 0{,}0864 \text{ m}$$

entspricht.

Die Stauhöhe des continuirlichen Zuflusses von 1 l pro Hektar und Secunde würde in 24 Stunden betragen

$$\frac{60 \cdot 60 \cdot 24}{1000 \cdot 10\,000} = 0{,}00\,864 \text{ m.}$$

Soll für eine grössere Bewässerungsanlage der thatsächliche Wasserbedarf festgesetzt werden, ohne dass bestimmte Erfahrungen auf Flächen unter ganz gleichen Verhältnissen des Bodens, des Klimas und der Bewirthschaftung, namentlich der etwa im Wirthschaftsplane liegenden Zufuhr anderweitigen Düngers vorliegen, so muss das erforderliche Quantum durch sorgfältige, womöglich mehrere Jahre hindurch fortgesetzte Versuche ermittelt werden. Bei denselben liegt die Aufgabe vor, festzustellen, mit welchem Quantum der günstigste Ertrag an guten Gräsern oder anderen Gewächsen nachhaltig erzielt werden kann. In vielen Fällen wird man zunächst zu entscheiden haben, ob es rationell sei, den höchst möglichen Ertrag zu erzielen oder ob es nicht den vorliegenden Verhältnissen besser entspräche, mit dem gesammten zur Verfügung stehenden Quantum Wasser auf grösseren Flächen einen nur guten und gesicherten Ertrag zu gewinnen als auf kleineren Flächen eine Maximalernte. Die Versuche müssen mit Zugrundelegung der so festgestellten Vorbedingungen derartig geleitet werden, dass nach Einleitung der Bewässerung in die betreffenden Culturen dasjenige Quantum ermittelt wird, welches allen Anforderungen am besten entspricht, wobei namentlich festzustellen ist, ob durch Vermehrung desselben eine erhebliche Steigerung des Ertrages und durch Verminderung ein wesentlicher Rückgang erzielt wird. Letzteres ist aus dem Grunde von Wichtigkeit, weil hierdurch festgestellt wird, ob etwa mit dem benutzten Quantum eine Verschwendung an Wasser eintritt.

Die Messungen werden am besten mittelst eines Ueberfalles oder Durchlasses nach der Seite 85 geschilderten Methode ausgeführt; um möglichst zuverlässige Resultate zu erhalten, muss eine häufige Controlle der Messvorrichtung stattfinden.

Da derartige Versuche schwierig durchzuführen, auch erst nach einer Reihe von Jahren zu zuverlässigen Resultaten führen können, überdies sich aus denselben keine allgemeine Regeln über die zweckmässigste Menge des Bewässerungswassers ableiten lassen, so ist es erklärlich, dass man die letztere zumeist durch Schätzung nach den Resultaten bewährter Anlagen bestimmt.

Handelt es sich lediglich um eine Anfeuchtung, so hat man zuweilen die erforderliche Wassermenge auf Grund der Niederschläge zu ermitteln gesucht. Als Grundlage diente die Menge und Vertheilung des Niederschlages in besonders günstigen Jahren, deren Ernteerträge durch die Bewässerung regelmässig, auch bei geringeren und anders vertheilten Niederschlägen erzielt werden sollen und ferner die geringsten, in dem betreffenden Gebiete vorkommenden Niederschläge, ebenfalls wieder mit Berücksichtigung der Vertheilung derselben. Die Differenz beider giebt das in den verschiedenen Jahreszeiten künstlich zuzuführende Wasserquantum, wobei es nur noch erforderlich wäre, eine gewissenhafte Schätzung des durch Filtration und Verdunstung entfernten Wassers vorzunehmen und in Rechnung zu ziehen.

In dieser Weise sucht z. B. v. Altvatter das für die Bewässerung des Marchfeldes nothwendige Wasserquantum wie folgt zu bestimmen:*)

In dem sehr fruchtbaren Jahre 1867 betrug der Gesammtniederschlag im Marchfelde 665 mm. Andere Jahre, z. B. 1859 und 1860, erreichten nahezu die gleiche Höhe des Niederschlages, ohne die Fruchtbarkeit des Jahres 1867 zu erreichen. Die Ursache lag darin, dass in letzterem Jahre der Regen immer in ausgiebiger Weise zu jener Zeit eintrat, in welcher er das Wachsthum der Pflanzen zu fördern im Stande war.

Die Regenmenge des Jahres 1867 vertheilte sich auf 168 Tage, an welchen Niederschläge stattfanden. Von diesen waren 150 wirkliche Regen- oder Schneetage, welche sich wieder in 23 Regenperioden zu 2 bis 7 Tagen theilten. An 10 Tagen war vereinzelt ausgiebiger Regen; der Rest war Niederschlag, hervorgerufen durch Thau oder schwachen Regen. Im September bildete sich an 4 Tagen ein derartiger starker Thauniederschlag, dass derselbe einem ausgiebigen Regen an Feuchtigkeitsmenge gleich kam. Der grösste Niederschlag in 24 Stunden betrug während des Jahres 1867 32 mm. Die Regenperioden und die einzelnen Regentage, an welchen ein ausgiebiger Niederschlag erfolgte, vertheilten sich annähernd von 14 zu 14 Tagen.

Nach diesen Daten ist man in der Lage, die erforderliche Wassermenge und die Zeitperioden der Bewässerung zum Zwecke der Hervorrufung steter Fruchtbarkeit festzustellen.

Die Wassermenge, welche innerhalb des Jahres 1867 auf die zur Bewässerung bestimmte und geeignete Fläche des Marchfeldes in der Ausdehnung von 70 790 ha fiel, betrug bei der Niederschlagshöhe von 665 mm 470 753 500 cbm. In hervorragend dürren Jahren, z. B. im Jahre 1863 bei einer vollkommenen Missernte, betrug die jährliche Niederschlagshöhe 335 mm, also fast genau die Hälfte des Gesammt-Niederschlages eines gesegneten Jahres, so dass sich das Wassererforderniss auf 233 607 000 cbm bestimmen würde, wenn man dasselbe nach den meteorologischen Beobachtungen festsetzen wollte. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass es nicht möglich ist, dieses Wasser derartig zu leiten, dass es dem Regen gleich den Boden überströmt und dass während der Leitung selbst in Folge der Infiltration und Verdunstung erhebliche Verluste stattfinden.

Im Verfolge seiner Untersuchungen kommt nun v. Altvatter zu dem Resultate, dass mit Rücksicht auf die klimatische und Bodenbeschaffenheit des Marchfeldes ein erheblich grösseres Quantum als das so ermittelte zur Verfügung gehalten werden müsse. Er nimmt an, dass die Bewässerung von 8 zu 8 Tagen vorzunehmen sei und das Quantum die doppelte Niederschlagshöhe eines ausgiebigen Regens, d. i. 76 mm betragen müsse.

Wie bereits aus dem Vorangegangenen hervorgeht, hängt der Wasserbedarf im Wesentlichen davon ab, ob die Bewässerung lediglich eine anfeuchtende oder eine düngende sein soll. In jedem Falle werden jedoch die Bodenbeschaffenheit, der Grundwasserstand, das Klima und die Culturen den Wasserbedarf beeinflussen. Derselbe wird bei trockenem, durchlassendem Boden, namentlich wenn dieser mit einem tiefen Grundwasserstande ver-

---

*) Denkschrift zu dem Projecte für die Bewässerung des Marchfeldes; Wien 1871.

bunden ist, erheblich höher ausfallen als bei schwer durchlassendem Boden. Auch die klimatischen Verhältnisse beeinflussen den Wasserbedarf; besonders wird derselbe bei anfeuchtender Bewässerung ein höherer sein, sobald in der Vegetationsperiode die Temperatur hoch und länger andauernde Niederschläge selten sind. Die verschiedenen Culturgewächse erfordern zur wirksamen Anfeuchtung sehr verschiedene Wassermengen; auch variiren bei denselben die Zwischenräume zwischen den einzelnen Bewässerungen nicht unerheblich.

Bei der düngenden Wiesenbewässerung sind ausser der Bodenbeschaffenheit und den Grundwasserverhältnissen der Nährstoffgehalt des Wassers und das System der Bewässerung in Rücksicht zu ziehen, ferner aber in hervorragendem Masse der Umstand, ob die Gefälls- und Vorfluthverhältnisse eine wiederholte Benutzung des Wassers gestatten. In letzterem Falle vermindert sich der Bedarf nahezu entsprechend der Anzahl der wiederholten Benutzungen, so dass, wenn bei einmaliger Verwendung 30 l pro Hektar und Secunde erforderlich sind, bei dreimaliger etwas mehr (in Folge der Verluste durch Einsickern und Verdunstung) als 10 l pro Hektar in der Zeiteinheit angenommen werden können.

Anfeuchtende Bewässerung in südlichen Ländern. Sehr werthvolle Angaben über den Wasserbedarf in Oberitalien giebt die nachfolgende Zusammenstellung*) einer Bewässerungsgenossenschaft in Piemont (Sitz Vercelli), deren Ausdehnung 23000 ha beträgt. Die Beobachtungen umfassten einen dreijährigen Zeitraum (1876—1878) und sind in sofern von besonderem Werthe, als die Ergebnisse je nach der sehr verschiedenen Durchlässigkeit der einzelnen Flächen getrennt aufgeführt werden. Die Mittelwerthe sind mit Rücksicht auf die Grösse der bewässerten Flächen der einzelnen Culturen festgesetzt worden.

Wasserbedarf der Bewässerungen in Oberitalien.

Bodenbeschaffenheit	Wasserbedarf pro Hektar und Secunde			Durchschnittlicher Bedarf pro Hektar und Secunde
	Reis l	Wiesen l	Felder l	l
Sehr schwerer Boden . .	2,081	0,892	0,297	1,14
Schwerer Boden	2,398	1,026	0,342	1,65
Mittlerer Boden.	3,486	1,494	0,498	2,20
Leichter Boden	4,773	2,046	0,682	2,35
Mittel	2,637	1,130	0,377	1,83

Im südlichen Frankreich erfordert die anfeuchtende Bewässerung folgende Wassermengen: Wiesen erhalten 1,5 bis 2 l; in der Regel werden

*) Dem Werke: Das landwirthschaftliche Meliorationswesen Italiens von Eduard Markus, Seite 59; Wien 1881, entnommen.

dieselben verwallt und durch Ueberstauung bewässert, desgl. Luzerne. Diese wird alle 7 Tage mit einer jedesmaligen Schicht von 0,06 m gleich 600 cbm bewässert, was einem continuirlichen Consum von 1 l pro Hektar und Secunde entspricht. Gemüsegärten erfordern 2,5 l pro Hektar und Secunde, die Krappflanzen *(Rubia tinctorum L.)* bei Furchenbewässerung (einmalig, kurz vor der Ernte, hauptsächlich um den Boden zu lockern) 0,4 l pro Hektar und Secunde. Cerealien, Kartoffeln und Weinstöcke werden nur gewässert, wenn im Mai und Juni keine Niederschläge stattfinden. Es genügen alsdann während der 3 Monate Mai bis Juli 2 Bewässerungen zu 0,12 m Stauhöhe (2400 cbm pro Hektar), gleich einem beständigen Zuflusse von 0,3 l pro Hektar und Secunde.

In Spanien, und zwar in den südlichen Provinzen (Valencia, Murcia, Granada), beträgt der Consum im grossen Durchschnitte für Reis 2 l, für andere Culturen 0,3 bis 0,9 l beständigen Zuflusses pro Hektar und Secunde. In Valencia wird Luzerne einmal in 8 bis 10 Tagen bewässert; Mais, Bohnen und Hanf werden einmal in 15 Tagen, Kartoffeln einmal in 21 Tagen, Cerealien einmal in 30 Tagen bewässert. Das Durchschnittsquantum jeder Bewässerung beträgt 500 cbm, die Maximalmenge 700 cbm pro Hektar.

In Algier stellt sich der Wasserbedarf der einzelnen Culturen, wie in nachfolgender Tabelle angegeben.

Wasserbedarf der Bewässerungen in Algier.

Culturen	Anzahl der Bewässerungen	Wasserbedarf		Dauer der Culturperiode	Wasserbedarf pro Hektar und Secunde
		für jede Bewässerung	in der Culturperiode		
		cbm	cbm	Monate	l
Luzerne	10	400	4 000	6	0,25
Gemüse	36	400	14 000	6	0,93
Baumwolle, Lein, Sesam	10	640	6 400	5	0,5
Mais	4	400	1 600	2	0,3
Wintergetreide .	3	1 000	3 000	7	0,16
Orangen	12	400	4 800	6	0,3
Tabak	4	400	1 600	3	0,2
Wein	4	1 200	4 800	3	0,6

Düngende Wiesenbewässerung. Die Angaben über den durchschnittlichen Wasserverbrauch weichen sehr erheblich von einander ab; von den Seite 501 angeführten Umständen übt namentlich das Bewässerungssystem einen erheblichen Einfluss auf den Consum aus. So erfordern z. B. die Ueberrieselungsbauten grössere Quantitäten als die Ueberstauungen, schmale Rücken grössere als breite, einfache Rieselanlagen

grössere als drainirte Rieselwiesen. Deshalb dürfen die nachfolgenden Angaben verschiedener Sachverständiger nur als Durchschnittswerthe betrachtet werden, welche je nach den localen Verhältnissen eine Modification nothwendig machen können.

Dünkelberg*) bezeichnet für Mittel- und Süddeutschland, gutes Wasser vorausgesetzt, eine tägliche Stauhöhe von 0,36 bis 0,45 m als eine ausgezeichnete, eine Stauhöhe von 0,30 m als sehr gute, von 0,24 m als gute und von 0,15 m als genügende, düngende Bewässerung. Es entsprechen diese Angaben einem Wasserquantum von

42 bis 53 l pro Hektar und Secunde als ausgezeichnete Bewässerung,
von 35 l " " " " " sehr gute "
" 28 l " " " " " gute "
" 17 l " " " " " genügende "

Wurffbain**) nimmt für stetigen Zufluss eines sehr fetten Wassers bei sandigem, humosem, etwas bindendem Boden ein Quantum von 11 l pro Hektar und Secunde an, vorausgesetzt, dass eine Rotation der Bewässerung erfolge. Er setzt hierbei voraus, dass das Grundwasser nur 0,60 bis 0,75 m gesenkt sei und die Entwässerung nur 0,60 m unter den niedrigsten Stellen der Rieselflächen stehe. Die bezügliche Stauhöhe beträgt 0,095 m. Gegen die oft gewählten, beträchlich grösseren Wassermengen hebt Wurffbain a. a. O. hervor, „dass mit dem Verbrauche des Wassers zur Berieselung an den meisten Stellen ein grosser Unfug getrieben wird. Man rieselt nicht, sondern überfluthet im eigentlichen Sinne des Wortes die Flächen und es liegt blos in der Einbildung mancher Empiriker, dass eine solche Operation einen wesentlichen Nutzen habe. Sobald nämlich die einzelnen Wassertropfen und Wasserfädchen nicht mehr so viel Zeit gewinnen können, sich um die Vegetation zu wickeln, sondern unaufhörlich von den folgenden Wassertheilchen vergrössert werden, bildet sich eine den Boden dicht bedeckende Wasserschicht, welche den wohlthätigen, gleichzeitigen Einfluss der Atmosphäre auf denselben abschneidet und die Absetzung der Sinkpartikelchen vermindert."

Bei dem Petersen'schen Wiesenbausysteme***) werden in der Regel als Wassererforderniss 12 l pro Hektar und Secunde angegeben, was einer täglichen Stauhöhe von 0,10 m entspricht.

---

*) Der Wiesenbau in seinen landwirthschaftlichen und technischen Grundzügen von Dr. W. F. Dünkelberg, zweite Auflage, Seite 72; Braunschweig 1877.

**) Nachrichten über Landes-Meliorationen, insbesondere über die Melioration der Boker-Heide in der Provinz Westfalen durch Ent- und Bewässerung von Wurffbain, Seite 10; Berlin 1856.

***) Der Wiesenbau nach der neuen Methode des Hofbesitzers A. Petersen in Wittkiel von C. Turrentin, Seite 65; Schleswig 1864.

Vincent*) geht von dem Grundsatze aus, dass das Material, welches zur Production der Gräser gedient hat und durch die Ernte entführt wurde, ausschliesslich durch die mit dem Wasser mitgeführten Stoffe ersetzt werden soll. Je nach der Breite der Rieselflächen (Hänge oder Rücken), die sich nach dem mehr oder minder beträchtlichen Düngergehalte des Wassers richtet, rechnet derselbe 60 bis 120 l Wasser pro Hektar und Secunde und zwar

bei 8 m breiten Hängen und 16 m breiten Rücken 60 l,
„ 6 m „ „ „ 12 m „ „ 90 l,
„ 4 m „ „ „ 8 m „ „ 120 l.

Es entspricht dies den Stauhöhen von bezw. 0,52, 0,78 und 1,04 m.

Hess**) hält für Stauberieselungen (siehe den folgenden Abschnitt) ein Quantum von 10 bis 20 l pro Hektar und Secunde für genügend, während man bei sehr fruchtbarem Wasser und wenn dasselbe längere Zeit zur Disposition steht, noch unter dieses Mass hinabgehen kann.

Keelhoff***) rechnet für die Bewässerungsanlagen der belgischen Campine im Durchschnitte 30 l continuirlichen Zufluss pro Hektar und Secunde, welches Quantum einer täglichen Stauhöhe von 0,26 m entsprechen würde.

Der Wasserbedarf der Wiesenanlagen im östlichen Frankreich ist ein sehr beträchtlicher und kommt den höchsten in Deutschland angewendeten Quantitäten ziemlich nahe.

Barral†) führt einige Beispiele aus den Vogesen und dem Mosel-Departement an, bei welchen 19 ha mit einem steten Zuflusse von 2,27 cbm pro Secunde bewässert wurden. Es resultirt hieraus ein secundlicher Zufluss von 120 l pro Hektar und eine Stauhöhe von 1,04 m. In einzelnen Fällen betrug der Zufluss sogar 130 l, die tägliche Stauhöhe somit 1,12 m; im Durchschnitte ergab sich jedoch ein Wasserconsum von 65 l pro Hektar und Secunde.

Debauve††) giebt die Menge für die Wiesen der Vogesen auf 20 bis 50 l an, für die Normandie, wo beim Hochwasser der Consum ausnahmsweise bis auf 200 l steigt, auf durchschnittlich 16 l pro Hektar und Secunde.

---

*) Der rationelle Wiesenbau, dessen Theorie und Praxis von L. Vincent, dritte Auflage, Seite 44; Leipzig 1870.

**) Handbuch der Ingenieurwissenschaften von L. Franzius und Ed. Sonne, III. Band, Der Wasserbau, 2. Auflage, Seite 400; Leipzig 1882.

***) Traité pratique de l'irrigation des prairies par J. Keelhoff, Seite 173; Brüssel 1856.

†) Irrigations, engrais liquides et améliorations foncières permanentes par J. A. Barral, Seite 245; Paris 1862.

††) Manuel de l'Ingénieur des ponts et chaussées par A. Debauve, 18 Fascicule, Seite 115 und 127; Paris 1876.

In der nachfolgenden Tabelle sind die hier gemachten Angaben übersichtlich zusammengestellt (Wassermengen in Litern, Stauhöhe in Metern):

Tabelle über den Wasserbedarf bei düngender Wiesenbewässerung.

Land, auf welches sich die Angabe bezieht.	Beständiger Zufluss pr. Hektar und Secunde			Mittlere tägliche Stauhöhe	Nach Angaben von	Bemerkungen
	Maximum	Minimum	Durchschnitt			
Mittel- u. Süddeutschland	53	17	35	0,302	Dünkelberg	
Westliches Deutschland	—	—	11	0,095	Wurffbain	Sehr fettes Wasser bei sandigem, humosem Boden.
Norddeutschland . .	—	—	12	0,104	Turrentin	Petersen'sches System.
Norddeutschland . .	120	60	90	0,778	Vincent	„Rationelles" System.
Hannover	10	20	15	0,130	Hess	Stauberieselung.
Belgien	—	—	30	0,295	Keelhoff	Bewässerungen der Campine.
Frankreich, Vogesen- und Mosel-Departement	130	—	65	0,562	Barral	
Frankreich, Vogesen-Departement . . .	50	20	35	0,302	Debauve	
Frankreich, Normandie	200	—	16	0,138	Debauve	Wilde Rieselung.

Wasserverluste bei der Bewässerung. Die durch Versickerung und Verdunstung entstehenden Wasserverluste sind naturgemäss sehr verschieden; sie hängen vornehmlich von der Bodenbeschaffenheit, dem Stande des Grundwassers unter der Oberfläche, von der Lufttemperatur, dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft und der Windstärke ab. Auch wird die Stärke der Versickerung von der Ausdehnung der Mäuse- und Maulwurfslöcher im Boden nicht unerheblich beeinflusst. Die Ermittlung dieser Verluste bezw. eine möglichst genaue Schätzung derselben ist erforderlich, wenn die Vermuthung vorliegt, dass durch eine Bewässerungsanlage älteren Benutzern, z. B. bestehenden Triebwerken, das Wasser entzogen wird.

Zur Ermittlung dieser Verluste müssen sehr sorgsame Messungen unter verschiedenen Verhältnissen angestellt werden und zwar müssen diese Messungen sowohl für die Sommerbewässerung als auch für die Frühjahrs- und Herbstbewässerung gesondert vorgenommen werden, da die Verluste bei der ersteren stets grösser ausfallen als bei letzteren. Auch bedarf es der Messungen bei verschiedenen Grundwasserständen und atmosphärischen Verhältnissen, so dass die Resultate nur auf Grund

einer grösseren Reihe von sorgfältigen Arbeiten unter steter Controle aller einschlagender Factoren gewonnen werden können.

Sehr sorgfältige Messungen der Wasserverluste wurden von Hess in Hannover*) auf einer Reihe von Wässerwiesen am Bennemühlener und Farrelbruchsbache in Hannover vorgenommen; die gewonnenen Durchschnittsresultate waren folgende:

Für die Herbst- und Frühjahrsbewässerung
Verbrauch an Wasser 78 l pro Hektar und Secunde,
Wasserverlust . . . 11 l „ „ „ „ oder 14,1 Procent.

Für die Sommerbewässerung
Verbrauch an Wasser 48 l pro Hektar und Secunde,
Wasserverlust . . . 11 l „ „ „ „ oder 22,9 Procent.

Hess trennte die gewonnenen Resultate noch nach der Höhenlage der Grundstücke und reducirte ausserdem die Verluste während der Frühjahrs- und Herbstbewässerung um 5/7 der ermittelten Zahlen, da nur die Regentage, nicht aber die Nebeltage, an welchen die Verdunstung aufhört, in Rechnung gezogen werden dürfen; auch findet in den Nächten eine Verringerung der Verdunstung statt und ist beim Beginne des Frühjahres der Boden reichlich mit Wasser durchzogen. Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse ergab sich bei der Frühjahrs- und Herbstbewässerung

bei 0,19 bis 0,24 m Stauhöhe und 71 l Wasserzufluss pro Hektar und Secunde ein Verlust von 4,7 l oder 6,6 Procent;

bei 0,34 bis 0,39 m Stauhöhe und 95 l Wasserzufluss pro Hektar und Secunde ein Verlust von 11,3 l oder 11,9 Procent.

Auch für die Sommerbewässerung wurden die gewonnenen Resultate um 5/7 reducirt, da die Nachtheile der Austrocknung des Bodens während der letzten Vegetationsperiode und während der Heuwerbung der Verminderung der Verdunstung in den Nächten nicht völlig gleichkommen können. Danach ergab sich

bei 0,19 bis 0,24 m Stauhöhe und 47,5 l Wasserzufluss pro Hektar und Secunde ein Verlust von 5,67 l oder 11,9 Procent;

bei 0,36 bis 0,39 m Stauhöhe und dem nämlichen Wasserzuflusse ein Verlust von 10,5 l pro Hektar und Secunde oder 22 Procent.

Die Untersuchungen von König**) auf westfälischen Wiesen ergaben eine Wasserabnahme für jede Benutzung

bei der Herbstbewässerung um . . . 1,18 bis 3,67 Procent,
„ „ Frühjahrsbewässerung um . . 0 „ 4,6 „
„ „ Sommerbewässerung um . . . 6,84 „ 8,57 „

*) Die Ermittlung der Wasserverluste bei Bewässerungsanlagen; der Cultur-Ingenieur, Band III, Seite 123 u. f.; Braunschweig 1871.

**) Landwirthschaftliche Jahrbücher 1879, Seite 563.

c. Die Beschaffung des Wassers.

1. Entnahme des Wassers aus Bächen und Flüssen.

Die Entnahme des Wassers aus Bächen und Flüssen zum Zwecke der Bewässerung der angrenzenden Ländereien kann in verschiedener Weise erfolgen. In der Regel empfiehlt sich bei nicht schiffbaren Wasserläufen die Anlage eines Wehres unmittelbar unterhalb der Ableitung, welches den Wasserstand im Bewässerungscanale auf eine derartige Höhe hält, dass das zu bewässernde Terrain von dem Canale möglichst bei allen Wasserständen beherrscht wird. Die durch das Wehr bewirkte Stauhöhe muss derartig bemessen sein, dass den oberhalb gelegenen Flächen in Folge des Rückstaus nicht die Vorfluth genommen wird und dass die Interessen älterer Stauberechtigter nicht beeinträchtigt werden. Die specielle Anordnung der Wehre und Stauschleusen sowie die Einwirkung des Rückstaus sind bereits Seite 190 dargestellt worden. Zu beachten ist, dass stets für eine gesicherte Ableitung der Hochfluthen Sorge getragen werden muss, deren Abfluss durch das Wehr nicht behindert werden darf.

Bei der Ableitung des Bewässerungscanales aus einem schiffbaren Flusse müsste das Wehr mit einer Schifffahrtsschleuse bezw. für Flösserei mit einem Flossdurchlasse versehen und überdies die Stauanlage in so weit als lichtes Wehr construirt sein, dass die Ableitung der Hochfluthen ohne schädliche Stauungen erfolgen kann. Bei grösseren Strömen würde, da dieses nicht sicher zu erreichen ist, die Anlage eines Wehres überhaupt nicht gestattet werden; aber auch, falls dieser Hinderungsgrund nicht vorliegt, wird es sich in der Regel empfehlen, die Ableitung aus dem ungestauten Flusse zu bewerkstelligen. Der Zuleitungscanal muss in diesem Falle so weit oberhalb des Bewässerungsobjectes von dem Flusse abzweigen, dass er das letztere in angemessener Höhe erreicht; er wird mit dem geringst zulässigen Gefälle und in grosser Breite geführt, jedoch muss das Gefälle bezw. die Wassergeschwindigkeit stets derartig bemessen sein, dass die Sinkstoffe nicht in der Zuleitung zum Niederschlage gelangen. Die Ableitung des Canales aus dem freien Strome muss eine derartig gesicherte sein, dass bei Hochwasser keine Schäden an den Bauwerken und den Ufern eintreten können. Aus diesem Grunde ist es bei Flüssen mit starkem Hochwasser erforderlich, die Ableitung mittelst eines Separationsdammes zu bewerkstelligen, welcher das Wasser regelmässig in den Canal einleitet. Selbstverständlich muss dieser Damm in solidester Weise, am besten ganz in Massivbau, hergestellt werden.

Die Höhenlage des Fachbaumes der Einlassschleuse muss mit Rücksicht auf die Wasserstände im Flusse derartig bestimmt sein, dass möglichst zu allen Jahreszeiten das Object bewässert werden kann. Oft ist es jedoch unvermeidlich, dass bei der Ableitung des Canales aus freiem Strome einzelne hoch gelegene Flächen von der Bewässerung

ausgeschlossen werden müssen, welche nur durch künstliche Wasserhebung (siehe unten) bewässert werden können.

Bei angemessener Höhe des Wasserstandes im Flusse und eingedeichter Niederung kann auch das Wasser zum Zwecke der Ueberstauung durch Siele nach Art der Fig. 192 (Seite 337) dargestellten Colmationsschleuse in die Niederung eingeleitet werden, falls diese durch natürliche Höhenzüge oder künstliche Verwallungen entsprechend begrenzt ist. Diese Methode ist in der Regel keine zweckmässige, da für die Zurückleitung des Wassers, falls diese nicht durch ein weiter abwärts gelegenes Siel erfolgen kann, der passende Wasserstand abgewartet werden muss, also ein häufiger Wechsel des Wassers in der Regel ausgeschlossen ist. Nur, wenn der Wasserstand durch Ebbe und Fluth beeinflusst wird, kann ein regelmässiger Wechsel des Wassers ohne Schwierigkeiten bewerkstelligt werden.

Die bedeutendsten Wehrbauten zur Ableitung von Bewässerungscanälen wurden in Indien hergestellt und zwar an den Flussdeltas, um das Wasser in die Deltaniederung zu leiten. Diese Bauten, welche den Namen „*Anicut*" führen, sind in grosser Zahl namentlich in der Präsidentschaft Madras ausgeführt worden. Die grösste Anlage dieser Art ist das Stauwerk des Godaveri Stromes, dessen Baulinie durch drei Inseln unterbrochen wird, so dass der Damm aus vier einzelnen Theilen besteht. Die Längen derselben betragen 1486, 873, 472 und 788 m; die Basis besitzt häufig eine Breite von 40 m. In dem letzteren Theile sind Durchlassschleusen zur Ablassung des überschüssigen Wassers angebracht. Das gestaute Wasser wird durch eine grössere Anzahl von Canälen in das Delta geleitet, welche nach Vollendung der sämmtlichen Arbeiten 340000 ha, das culturfähige Land des Deltas, bewässern sollen. Die zur Verfügung stehende Wassermenge beträgt in der Hochwasserperiode, Juli bis October, 336 cbm, im übrigen Theile des Jahres mindestens 84 cbm pro Secunde. Zur Bewässerung der Reisfelder sind 1,75 l, für Zuckerrohr 0,58 l pro Hektar und Secunde erforderlich.

Die Kosten des Godaveri-Dammes einschliesslich der Canäle betrugen bis zum Jahre 1872—73 544788 Pf. St., die Brutto-Einnahmen der Anlage in dem nämlichen Jahre 214304 Pf. St., die Unterhaltungs- und Betriebskosten 36023 Pf. St., so dass das Capital sich mit 32,7 Procent verzinste.

Dem gleichen Zwecke sollte auch die bekannte „*Barrage*" des Nils in Unter-Aegypten dienen. Es ist dies ein mit Schifffahrtsschleusen combinirtes Stauwerk an den Abzweigungen des Nils in den Rosette- und Damiette-Armen, welches den Strom bei niedrigem Wasserstande so weit anstauen sollte, dass das Wasser durch drei Canäle zur Bewässerung des Nildeltas nutzbar gemacht werden konnte. Die Stauhöhe war ursprünglich derartig bemessen, dass der Oberwasserspiegel 5 m über dem Unterwasserspiegel lag, unter welcher Voraussetzung die Canäle eine hinlängliche Wassermenge erhalten würden, um 420000 ha Land mit 224 cbm Wasser pro Secunde zu bewässern.

Das Schleusenwehr der Rosette besitzt eine Länge von 465 m, bestehend aus 61 Bogen von je 5 m Spannweite und zwei Schifffahrtsschleusen von 12 und 15 m Breite; das Damiette-Wehr ist 545 m lang und mit Bogen und Schifffahrtsschleusen in ähnlichen Abmessungen versehen. Vor den einzelnen Bogen sind Schleusenthore angebracht, welche zum Zwecke der Anstauung

des Wassers geschlossen werden. Die Fundirung der Pfeiler erfolgte auf dem Sandboden durch Betonschüttung, welche dem Bauwerke jedoch nicht die gehörige Stabilität geben konnte. Sobald das Wasser durch Schliessen der Bogenöffnungen angespannt wurde, sickerte dasselbe derartig zwischen den Grundbauten hindurch, dass das ganze Werk ernstlich gefährdet wurde und die bedenklichsten Risse erhielt. Eine Anstauung des Wassers auf 5 m, wie sie ursprünglich im Plane lag, konnte auch nicht annähernd erreicht werden; im günstigsten Falle betrug dieselbe 2 m. Die Folge hiervon war, dass die Canäle nur wenig Wasser erhielten; anstatt 224 cbm wurden dieselben zeitweilig nur mit 16 cbm in der Secunde gespeist. Mit Hilfe der landesüblichen Schöpfwerke, der Sakiehs und Schâdûfs, konnte das nämliche Quantum Wasser zu weit niedrigeren Preisen gehoben werden und gut construirte Dampfpumpwerke würden für die jährlichen Kosten von etwa 15 000 Pf. St. die nämliche Leistung ergeben wie die Barrage, deren Erbauungskosten 3 000 000 Pf. St. betragen haben.

In neuerer Zeit wurden wiederum Projecte ausgearbeitet, um das Werk zu einer dem ursprünglichen Plane entsprechenden Leistungsfähigkeit zu heben; es steht aber wohl zu befürchten, dass bei dem total fehlerhaften und bereits unterwaschenen Grundbau das Resultat kein günstigeres sein werde als bisher.

Für die moderne Hydrotechnik ist der verunglückte Bau der Nil-Barrage eine gute Lehre gewesen; namentlich haben die englischen Ingenieure die hierbei gemachten Erfahrungen mit Sorgfalt beachtet und die Grundbauten der neueren indischen Wehre stets in solidester Weise ausgeführt.

2. Entnahme des Wassers aus Quellen.

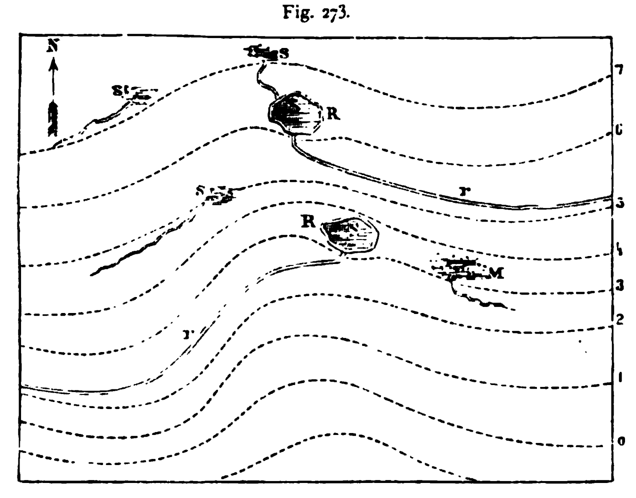
Steht kein natürlicher, oberirdischer Wasserlauf zur Verfügung, um aus diesem das Bewässerungswasser zu entnehmen, so gelingt es häufig, unterirdische Wasserläufe zu Quellen zusammenzufassen und diese zu Bewässerungszwecken zu nutzen. In der Regel können die bezüglichen Anlagen wegen der verhältnissmässig geringen Ergiebigkeit der Quellen nur eine beschränkte Ausdehnung erhalten, so dass dieselben zumeist für kleinere, einzelnen Grundbesitzern zugehörige Flächen in Anwendung kommen. Es gehört hierher die Benutzung des ablaufenden Drainwassers höher gelegener Ackerflächen, welches oft, freilich immer nur in kleinem Massstabe, zur Bewässerung unterhalb gelegener Wiesen verwendet wird. Da dieses Wasser in Folge des Filtrationsprocesses fast frei von mechanisch mitgeführten Stoffen ist, so wird die düngende Wirkung desselben im Allgemeinen eine nur geringe sein; dagegen kann dieses Wasser im Frühjahre in Folge seiner höheren Temperatur eine sehr günstige, die Vegetation befördernde Wirkung ausüben. Ein wesentlicher Nachtheil bei der Benutzung des Drainwassers zu Bewässerungszwecken besteht darin, dass dasselbe in der trockenen Jahreszeit zumeist vollständig versiegt und somit die Bewässerung eingestellt werden muss.

In umfassendem Masse wird das Quellwasser zur Bewässerung der italienischen Winterwiesen (vergl. Seite 492) benutzt. Auch hier ist es,

wie bereits hervorgehoben, vornehmlich die höhere Temperatur dieses Wassers, welche in den Wintermonaten die Vegetation der Wiesen befördert.

Hess*) macht über die Auffangung dieser Quellen folgende Mittheilungen: „Die Personen, welche sich mit dem Aufsuchen der Quellen beschäftigen, haben ihre eigenen Zeichen; das saftigere Grün einer Stelle der Wiese, die dunklere Farbe des Ackers, das Spielen der Mücken über gewissen Stellen oder das Lagern der Nebel giebt die erforderlichen An-

Fig. 273.



Einfassung von Quellen zur Bewässerung von Gebirgswiesen.

haltpunkte; man sieht eine Quelle als genügend zur Ausbeutung an wenn dieselbe in der Minute einen Eimer liefert.

Zur Auffangung der Quelle wird in der Richtung des Gefälles ein Bassin von 80 bis 100 m Länge und 20 bis 40 m Breite ausgehoben, welches nach dem Ableitungsgraben schmal ausläuft; die Sohle ist in der Längenrichtung horizontal 0,50 m unter dem Wasserspiegel; im Querprofile erhält dieselbe ein geringes Gefälle nach der Mitte.

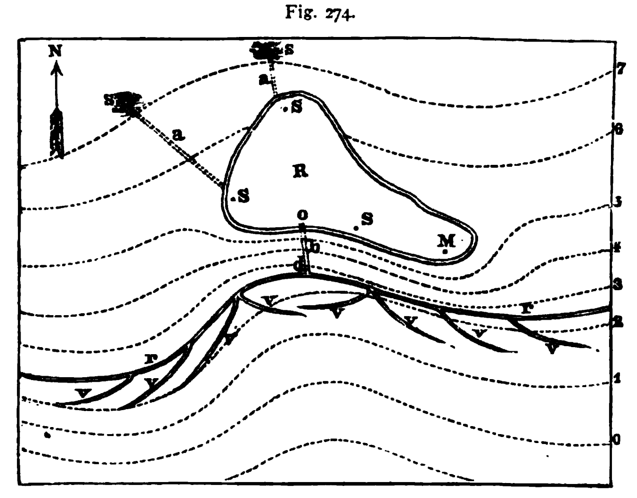
Um das Herausquellen des Wassers zu erleichtern und Verstopfung durch Sand zu vermeiden, werden Tonnen ohne Boden, welche 2,50 m lang, unten 1,20 m, oben 1 m Durchmesser haben und mit eisernen Reifen zusammengehalten werden, eingesetzt, so dass der obere Rand nur 0,05 m über dem Wasser ist. Die Oeffnung, durch welche der Abfluss stattfindet, erhält 0,25 m Länge und 0,15 m Höhe. Man hat auch

*) Die Bewässerungsanlagen Oberitaliens, Seite 46; Hannover 1873. Noch ausführlicher in dem Werke von R. Baird Smith: Italian Irrigation, II. Edition; Edinburgh and London 1855.

eiserne Röhren verwendet, namentlich wenn die Versenkung auf grössere Tiefe geschehen musste. Der Ableitungsgraben erhält in der Regel ein Gefälle von 0,30 m pro Kilometer; unmittelbar an der Quelle noch mehr, um den Abfluss zu erleichtern. Die meisten Quellen liefern 70 bis 140 l Wasser in der Secunde."

In Gebirgsthälern ist man oft in der Lage, die Wiesen durch Quellwasser zu bewässern, welches aus den unterirdischen Wasserläufen zu Tage tritt und in geeigneter Weise gesammelt wird.

Fig. 274.



Einfassung von Quellen zur Bewässerung von Gebirgswiesen.

Fig. 273 stellt ein quelliges Terrain dar; bei *S* befinden sich grössere Quellen, welche etwa 1 m tief ausgegraben und mit einem kleinen Walle umgeben werden, so dass hierdurch kleine, unterirdisch gespeiste Teiche gebildet werden. Das gesammelte Wasser wird zur Speisung der Rieselrinnen *r r* verwendet, welche mittelst je eines in der Verwallung eingelegten, hohlen Baumstammes mit den Teichen communiciren. Die kleineren Quellen *s s* werden direct durch kürzere Rieselrinnen abgeleitet. Die Grösse der gebildeten Reservoire beträgt etwa 5 bis 7 m in den Längen- und Breitendimensionen, der Fassungsraum bei 1 m Tiefe demnach etwa 30 bis 35 cbm. Die Methode ist nur eine höchst unvollkommene, da die Bassins im Laufe der Zeit leicht zusammenstürzen und alsdann eine regelmässige Ableitung des Wassers nicht mehr stattfindet. In diesem Falle versumpft das anliegende Terrain und zeichnen sich derartige Stellen, wie eine solche bei *M* angegeben ist, durch das Wuchern von Sumpfpflanzen aus.

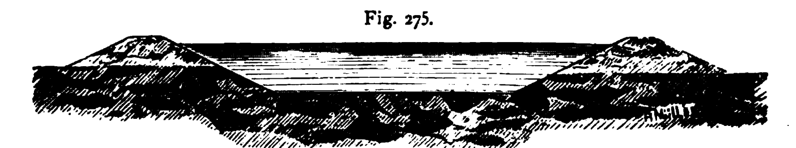
Vollkommener wird das Abfangen und Ansammeln der Quellen auf dem nämlichen Terrain durch die in Fig. 274 dargestellte Methode. Hier

sind die Quellstellen *S* und *M* zu einem grösseren Teiche *R* vereinigt, welcher auch mittelst der Drainstränge *a* das Wasser der entfernter gelegenen Quellen *s* aufnimmt. Bei *o* erfolgt mit Hilfe des unterirdischen Rohres *b* die Ableitung des Wassers in die Rieselrinne *r*, die mit den Abzweigungen *vv* zur Vertheilung des Wassers versehen ist. Die Bewässerungsanlage ist in dem angeführten Beispiele stets eine höchst einfache, die sog. wilde Rieselung (siehe unten). Nach den Angaben Vidalins*) hat sich diese Methode des Zusammenfassens einer Anzahl von Quellen zu einem Teiche namentlich für das Bewässern von Gebirgswiesen als sehr vortheilhaft bewährt.

3. Anlage von Reservoiren.

Die Anlage von Reservoiren zur Aufspeicherung des oberirdisch zufliessenden Wassers für die anfeuchtende Bewässerung ist am ehesten möglich, wenn die natürliche Terrainformation die Ausführung derselben

Fig. 275.

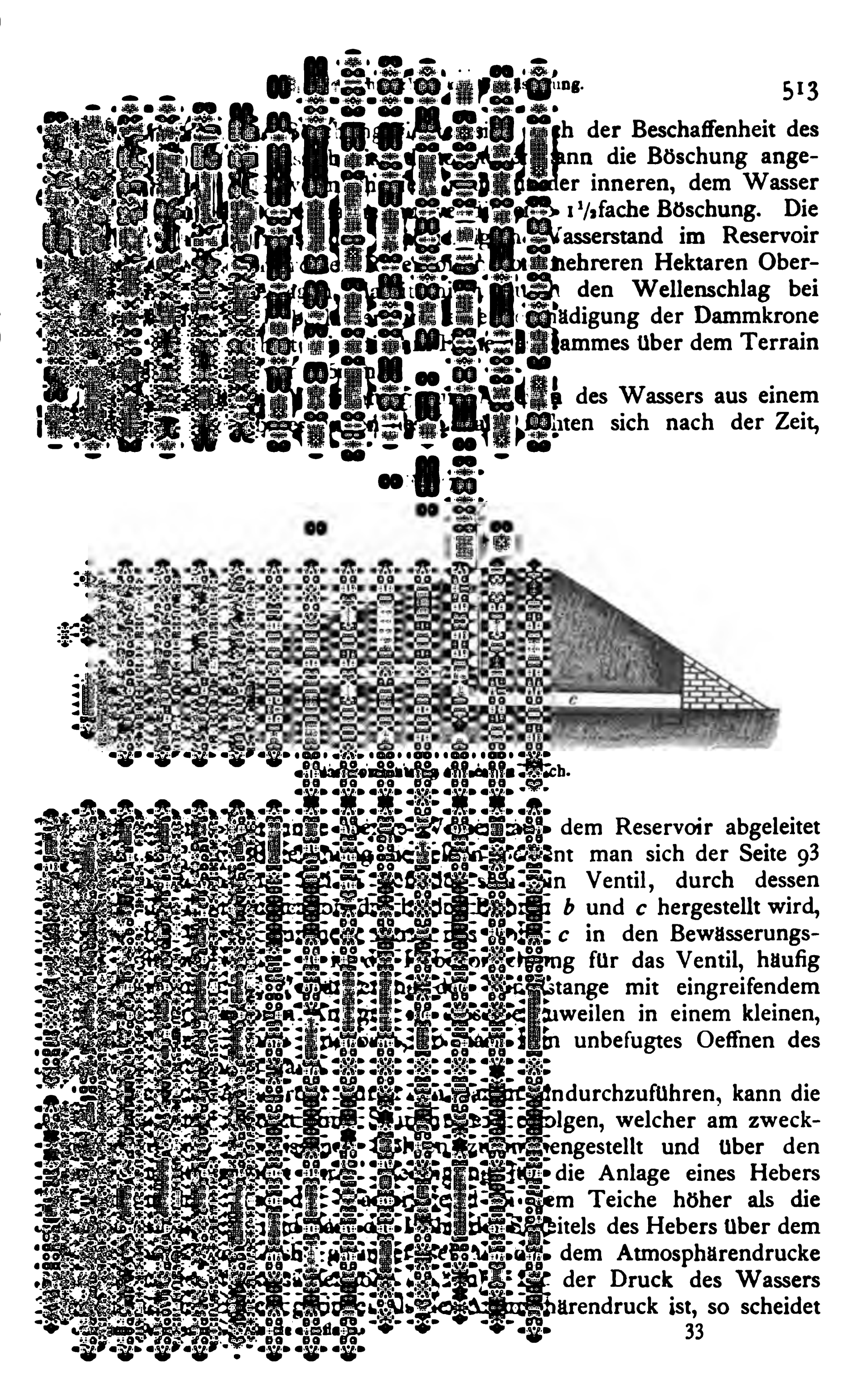


Halbeingeschnittenes Reservoir mit Erddämmen.

erleichtert und bereits einen Theil der erforderlichen Umwallung bildet. Da dieses nur in gebirgigen Gegenden der Fall ist, so findet man auch in diesen am häufigsten derartige Sammelweiher, die alsdann für die Zeit der Dürre das Wasser aufspeichern. In der Ebene, wo die Ausführung nur mittelst einer vollständigen Umschliessung des Terrains durch einen aus Erd- oder Mauerwerk zu erstellenden Damm möglich ist, ergeben sich die Kosten beträchtlich höher als im Gebirge, während gleichzeitig ein verhältnissmässig grosses Terrain für die Anlage der künstlichen Teiche in Anspruch genommen wird. Am günstigsten gestaltet sich in letzterem Falle die Ausführung, wenn es möglich ist, das Bassin theilweise in das natürliche Terrain einzuschneiden, wodurch man das Material für die Erbauung des Dammes unmittelbar gewinnt. Fig. 275 stellt das Profil eines solchen Reservoirs dar. Die Sohlenhöhe desselben sollte stets derartig bemessen sein, dass eine vollständige Entleerung stattfinden und der gesammte Inhalt des Bassins zur Bewässerung in Verwendung gebracht werden kann. Die Sohle muss demnach immer höher liegen als das zu bewässernde Terrain.

Für die Construction der Dämme gelten die nämlichen Rücksichten, welche bei den Eindeichungen der Flüsse (Abschnitt II, Seite 180) ent-

*) Pratique des irrigations en France et en Algérie, Seite 27; Paris 1874.

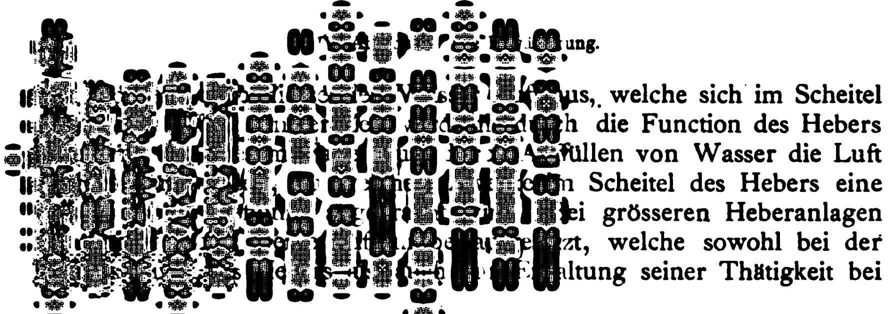


[illegible] h der Beschaffenheit des [illegible] nn die Böschung ange- [illegible] er inneren, dem Wasser [illegible] 1½fache Böschung. Die [illegible] Wasserstand im Reservoir [illegible] mehreren Hektaren Ober- [illegible] den Wellenschlag bei [illegible] ädigung der Dammkrone [illegible] ammes über dem Terrain

[illegible] des Wassers aus einem [illegible] hten sich nach der Zeit,

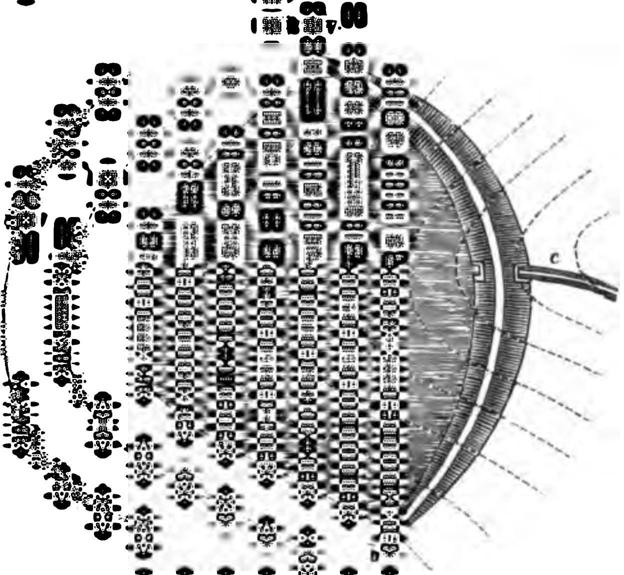
[illegible] dem Reservoir abgeleitet [illegible] nt man sich der Seite 93 [illegible] n Ventil, durch dessen [illegible] *b* und *c* hergestellt wird, [illegible] *c* in den Bewässerungs- [illegible] ng für das Ventil, häufig [illegible] stange mit eingreifendem [illegible] uweilen in einem kleinen, [illegible] n unbefugtes Oeffnen des

[illegible] ndurchzuführen, kann die [illegible] lgen, welcher am zweck- [illegible] engestellt und über den [illegible] die Anlage eines Hebers [illegible] em Teiche höher als die [illegible] itels des Hebers über dem [illegible] dem Atmosphärendrucke [illegible] der Druck des Wassers [illegible] härendruck ist, so scheidet



...ung.

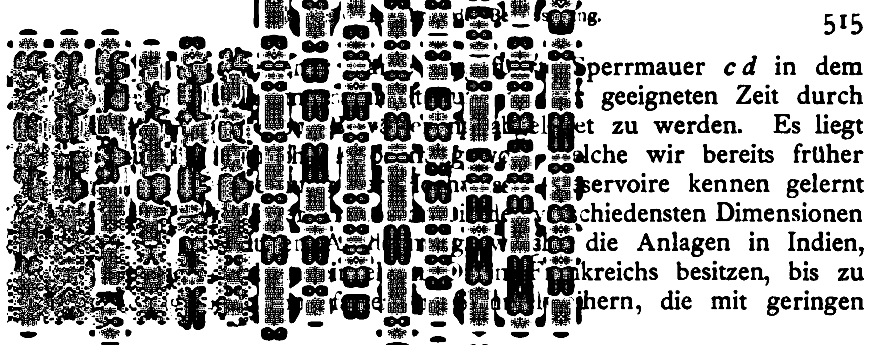
...us, welche sich im Scheitel
...h die Function des Hebers
...füllen von Wasser die Luft
...n Scheitel des Hebers eine
...ei grösseren Heberanlagen
...zt, welche sowohl bei der
...ltung seiner Thätigkeit bei



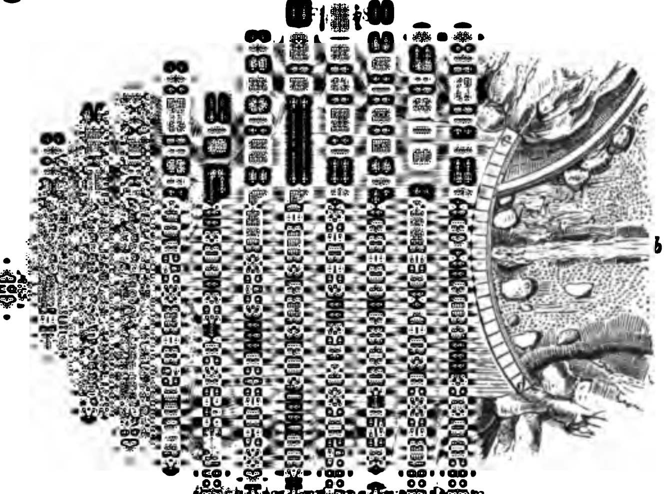
...n Terrain.

...ndig mit Wasser gefüllt, so
...r gewöhnlich am Ende des
...Heber in Gang zu setzen.
...Herstellung eines Reservoirs,
...t besitzt, wie dies durch die
...Der künstlich aufgeschüttete
...r hergestellt sein; nur muss
...bilden. Die Ableitung des
...innerhalb des Dammes mit
...ist. In hügeligem Terrain
...r Ansammlung von Wasser

...die Erbauung von Wasser-
...278 dargestellten Methode.
...schnittenen Rinne *a b* wird



... Sperrmauer *c d* in dem
... geeigneten Zeit durch
... t zu werden. Es liegt
... lche wir bereits früher
... servoire kennen gelernt
... chiedensten Dimensionen
... die Anlagen in Indien,
... nkreichs besitzen, bis zu
... hern, die mit geringen



... ren unterhalb gelegener
... rlichen Feuchtigkeit ver-

... ässerungszwecke. Die
... erung angelegten Reservoire
... Regenzeit das Wasser eines
... h Canäle auf die zu culti-
... Reservoire stammen noch

... es zweckmässig gelegenen,
... esteht zumeist aus einem
... Seite, zuweilen auch aus
... überragt die europäischen
... besitzt einen Fassungsraum
... ha und 18 m Wassertiefe.
... t sogar 100 Millionen cbm
... wird von dem Flusse Adila,
... ederschlagsgebiet 36 500 ha

bei einem jährlichen Minimalniederschlage von 305 mm misst. Die Adila führt bei Hochwasser bis 1036 cbm Wasser pro Secunde, bei länger andauerndem Hochwasser 300 cbm. Das Gefälle des Flusses beträgt 1,40 m pro Kilometer. Der Damm hat eine Gesammtlänge von 2195 m, von denen 833 m aus Mauerwerk bestehen. Die Höhe des Erddammes beträgt 22 m und überragt derselbe den höchsten Wasserstand um 2 m. Die Verdunstung des Wassers stellt sich innerhalb 8 Monate auf eine Schicht von 2,10 m.

Die Ableitung des Wassers aus dem Reservoir erfolgt mittelst dreier Canäle, von denen der am tiefsten eingeschnittene das ganze Jahr hindurch Wasser führt, während die beiden anderen nur für einen Bedarf von 4 Monaten ausreichen. Die Längen dieser Canäle betragen 45, 28 und 6 km; die zu bewässernde Fläche misst 14500 ha. Die Baukosten des Reservoires betrugen 54300 Pf. St., die Einnahmen bestehen in der Wasserrente, welche für einjährige Ernten auf 16 Shilling, für kürzere Ernten auf 8 Shilling pro Acre festgesetzt ist.

Die grösste Zahl von Reservoiren befindet sich in der Präsidentschaft Madras und zwar sollen in den 14 Districten derselben 53000 vorhanden sein, deren Gesammtkosten 15 Millionen Pfd. St. betragen haben. Die jährlichen Einnahmen stellen sich auf 1½ Millionen Pfd. St. Einige derselben sind von ausserordentlicher Grösse, so z. B. das Reservoir bei Viranam, welches eine Oberfläche von 9000 ha und einen Damm von 19 km Länge besitzt. Alle diese Bauten datiren bereits aus früherer Zeit; unter der englischen Regierung ist bisher verhältnissmässig wenig zur Erhaltung oder zum Neubau dieser Wassersammler geschehen.

Von den europäischen Reservoiren für Bewässerungszwecke sind namentlich die spanischen ihres beträchtlichen Fassungsraumes und der soliden Bauart wegen beachtenswerth. Besonders in der Umgebung von Alicante befinden sich derartige Wassersammler, da dort eine Zuleitung des Wassers aus Flüssen nicht möglich, überdies das Terrain in dem Masse an Trockenheit leidet, dass selbst die Weinstöcke bewässert werden müssen.

Das Reservoir von Tibi im Rio Monegro wird durch eine massive Sperrmauer von 42 m Höhe, 107 m Breite, 33,70 m unterer und 29 m oberer Stärke in einer Felsenschlucht gebildet, welche einen Fassungsraum von 3700000 cbm herstellt. Das Bauwerk wurde bereits gegen Ende des 16. Jahrhundertes von dem Architekten Herrara, dem Erbauer des Escurial, construirt; es dient zur Bewässerung von 3700 ha, so dass auf jedes Hektar während des Sommers 1000 cbm Wasser kommen, welche für zweimalige Bewässerung ausreichen. An der Sohle der Sperrmauer befinden sich zwei Canäle; der eine dient zur Räumung des Reservoirs von dem deponirten Schlamme, welcher alle vier Jahre ausgeleert wird. Derselbe setzt sich in dieser Zeit zu einer Höhe von 12 bis 16 m an. Der andere dient zur Ableitung des Bewässerungscanales; er steigt innerhalb des Mauerwerkes vertical nach oben und steht in dem Schachte an verschiedenen Stellen mit dem Reservoir in Communication, so dass selbst bei starker Anfüllung des letzteren mit den Niederschlägen eine Speisung des Bewässerungscanales erfolgen kann.

Aehnliche Abmessungen hat das Reservoir bei der kleinen Stadt Elche, welches jedoch für 12000 ha dienen muss. Das Wasser des Flusses Vinolago, welches in dem Reservoir aufgespeichert wird, ist salpeterhaltig, so dass es

nicht als Trinkwasser verwendet werden kann; auch können manche Pflanzen dasselbe nicht vertragen. Vortrefflich gedeiht dagegen die Granate, der Johannisbrodbaum, die Olive und vor Allem die Dattelpalme. Letztere bedarf monatlich mindestens zweier Bewässerungen.

4. Bewässerung mittelst mechanischer Wasserhebung.

In allen Ländern, in welchen Bewässerungsanlagen existiren, kommt der Fall vor, dass das Wasser nur durch künstliche Hebung auf die Oberfläche der Gärten, Aecker und Wiesen gebracht werden kann. Es ist desshalb erforderlich, auf eine Besprechung der bezüglichen mechanischen Apparate einzugehen, wobei im Voraus bemerkt wird, dass dieselben im Principe mit den Hebevorrichtungen des Wassers für die künstliche Vorfluthbeschaffung übereinstimmen (Abschnitt III). Nur werden für diese zumeist Anlagen in grösserer Ausdehnung angewendet, während die mechanischen Hebewerke für Bewässerungszwecke in der Regel für kleinere Betriebskräfte, Wassermengen und Meliorationsflächen bestimmt sind, so dass sich hierdurch mancherlei constructive Abweichungen von den oben besprochenen Anordnungen ergeben.

Bei grösseren Anlagen und Wassermengen würden sich die Kosten der Wasserhebung in der Regel zu hoch stellen; namentlich erscheint es ausgeschlossen, die für die düngende Bewässerung erforderliche Wassermenge durch mechanische Hebewerke zu beschaffen. Eine Ausnahme hiervon dürfte nur in dem Falle eintreten, dass sehr dungreiches Wasser, z. B. das stickstoffreiche Abwasser von Fabriken, zur Verfügung steht.

Zunächst sollen hier einige in südlichen Ländern noch heutigen Tages übliche, jedenfalls aber aus uralter Zeit stammende, durch Menschen- und Thierkräfte betriebene Hebewerke für Bewässerungszwecke dargestellt werden.

Fig. 279 zeigt die einfachste bezügliche Vorrichtung, den ägyptischen Wurfkorb nach einer Skizze von Max Eyth.*) Derselbe besteht aus einem quadratischen Stücke dichten Strohgeflechtes, an den Ecken mit vier Stricken versehen, welche von zwei Arbeitern (Fellahs) gehalten werden. Beim Hin- und Herschwingen des Korbes durch ein tiefer liegendes Wasserbecken füllt sich der Korb an und wird ein Theil des Wassers auf das höher gelegene Terrain gefördert. Zwei Leute sollen in dieser mühsamen und unvortheilhaften Weise 0,20 bis 0,30 ha täglich bewässern können.

In Fig. 280 ist die ebenfalls in Aegypten heimische Methode der Wasserhebung mittelst des Schâdûf dargestellt, welcher dort für grössere Förderhöhen häufig benutzt wird.**) Zwei hölzerne Pfosten *a a* von 1,50 m Länge werden in den Boden geschlagen und durch Stricke mit dem Querholze *b* verbunden. An diesem balancirt, ebenfalls durch einen

---

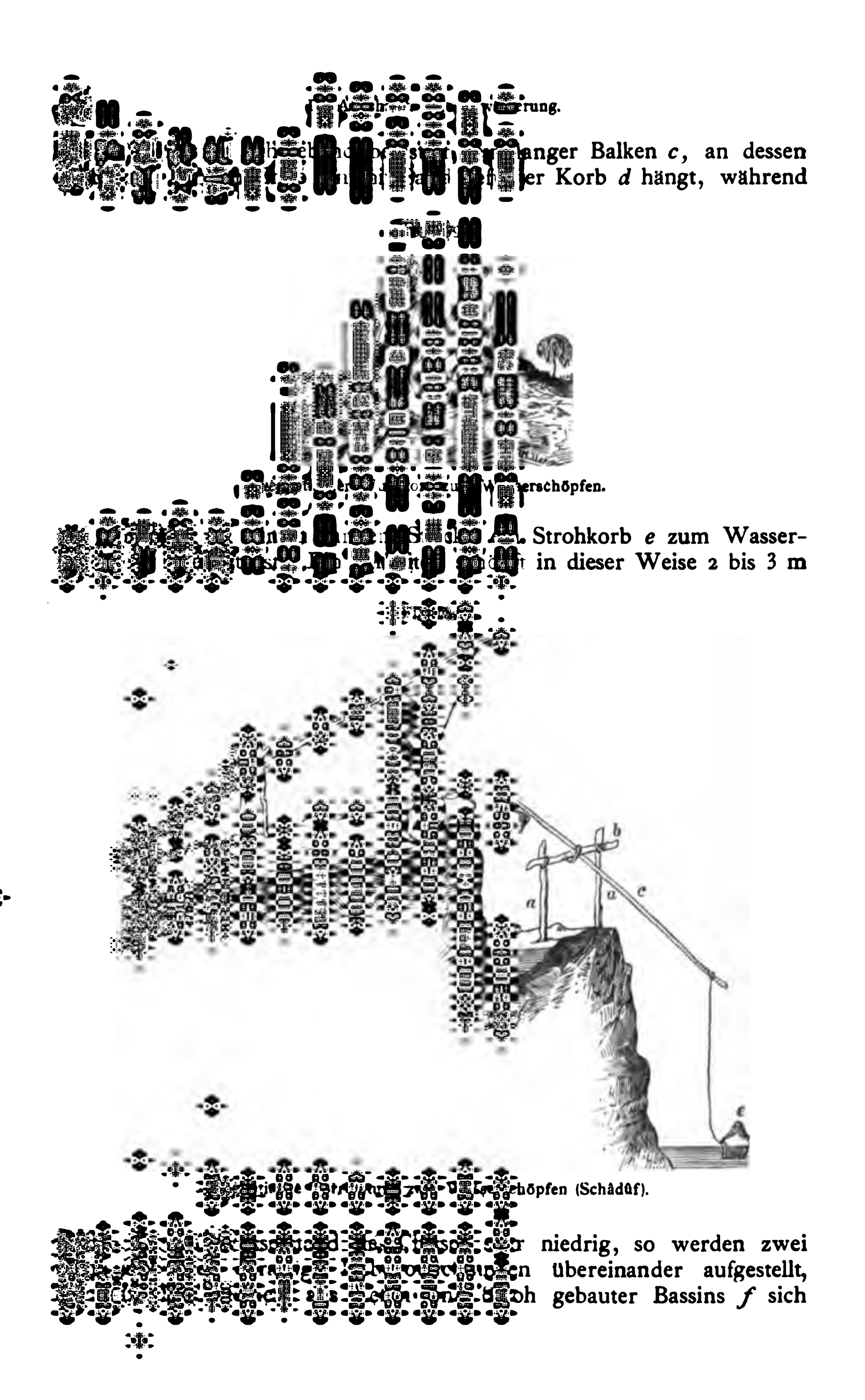
*) Das Agricultur-Maschinenwesen in Aegypten, Seite 10; Stuttgart 1867.
**) Ebenfalls nach einer Skizze von Max Eyth, a. a. O., Taf. II, Fig. 3.

...rung.

...anger Balken *c*, an dessen ...er Korb *d* hängt, während

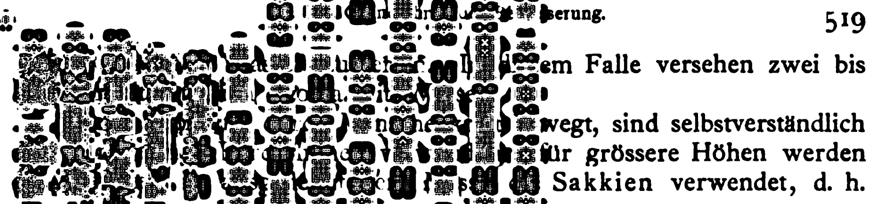
...erschöpfen.

... Strohkorb *e* zum Wasser- ... in dieser Weise 2 bis 3 m

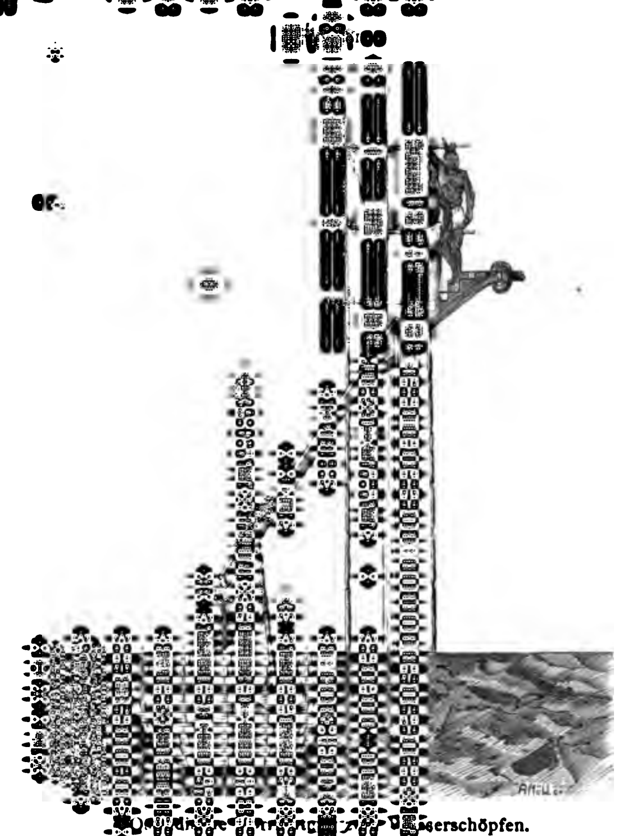


...chöpfen (Schâdûf).

... niedrig, so werden zwei ...n übereinander aufgestellt, ...h gebauter Bassins *f* sich

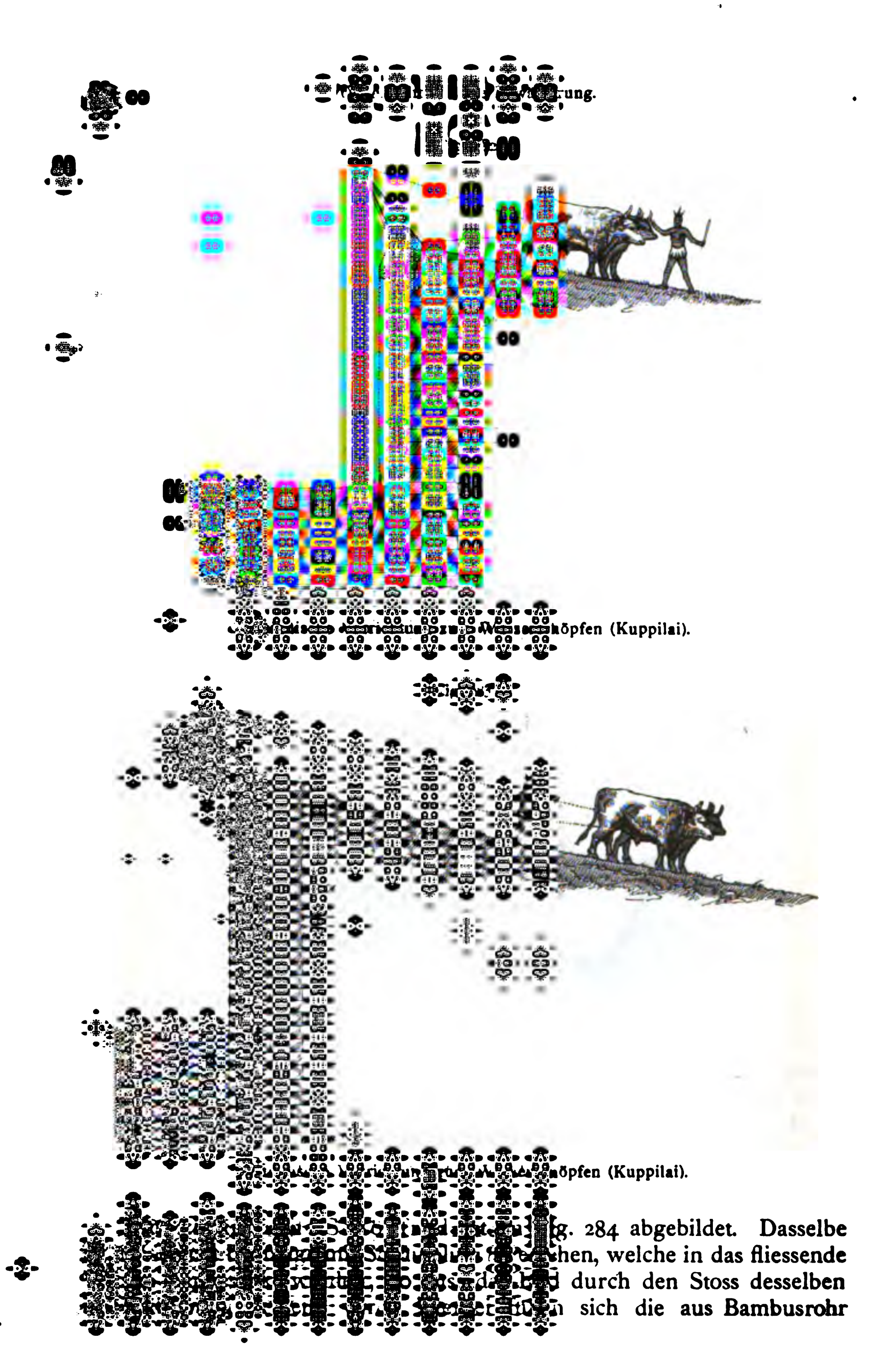


... em Falle versehen zwei bis
...
... wegt, sind selbstverständlich
... für grössere Höhen werden
... Sakkien verwendet, d. h.



... serschöpfen.

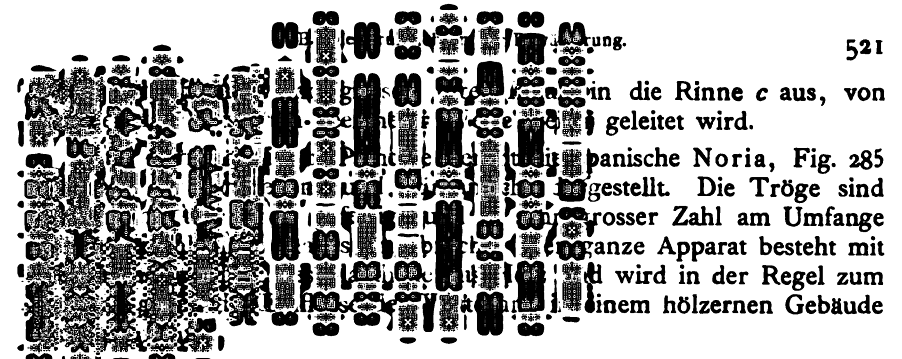
... mittelst Göpel durch Pferde,
... t werden.
... ch heutigen Tages benutzte
... Fig. 281 zeigt eine Wipp-
... en Männer durch Auf- und
... Eimers bewirken; Fig. 282
... Hebewerk, den „Kuppilai”
... chlauch aufziehen, der sich
... gestellt, ausstreckt und das



[illegible] öpfen (Kuppilai).

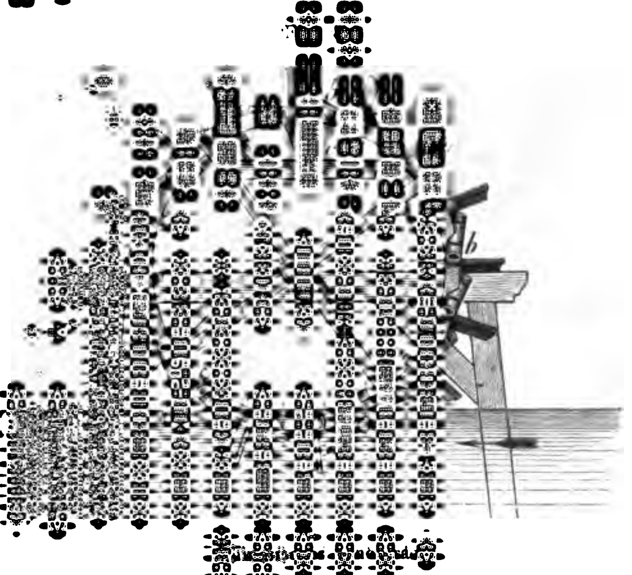
[illegible] öpfen (Kuppilai).

[illegible] g. 284 abgebildet. Dasselbe [illegible] hen, welche in das fliessende [illegible] durch den Stoss desselben [illegible] sich die aus Bambusrohr



in die Rinne *c* aus, von
geleitet wird.

panische Noria, Fig. 285
gestellt. Die Tröge sind
rosser Zahl am Umfange
ganze Apparat besteht mit
wird in der Regel zum
inem hölzernen Gebäude



oder Schöpfbecher-
eich den Namen Noria.
französischer Construction
0,30 m hoch, 0,15 m breit
n durch ein Kettenrad *d*
ne *c* zu bewirken, befindet
l *b*, welches durch den
das betreffende Gefäss an
rd die Kette beim Herab-
inne dicht unter die Aus-

uns zur Bewässerung von
dargestellt. In der Regel
lso zum Heben kleinerer

[illegible] erung.

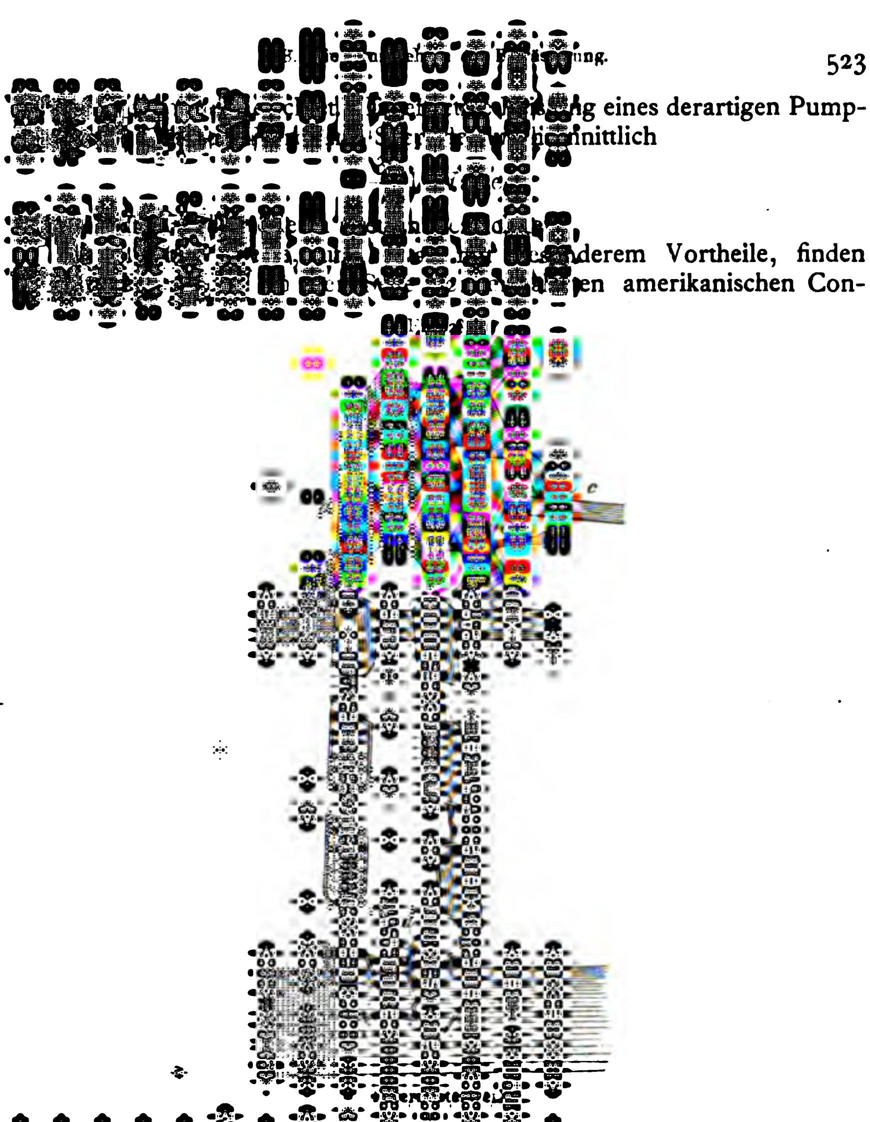
[illegible] nsicht.

[illegible] nsicht.



...g eines derartigen Pump-
...nittlich

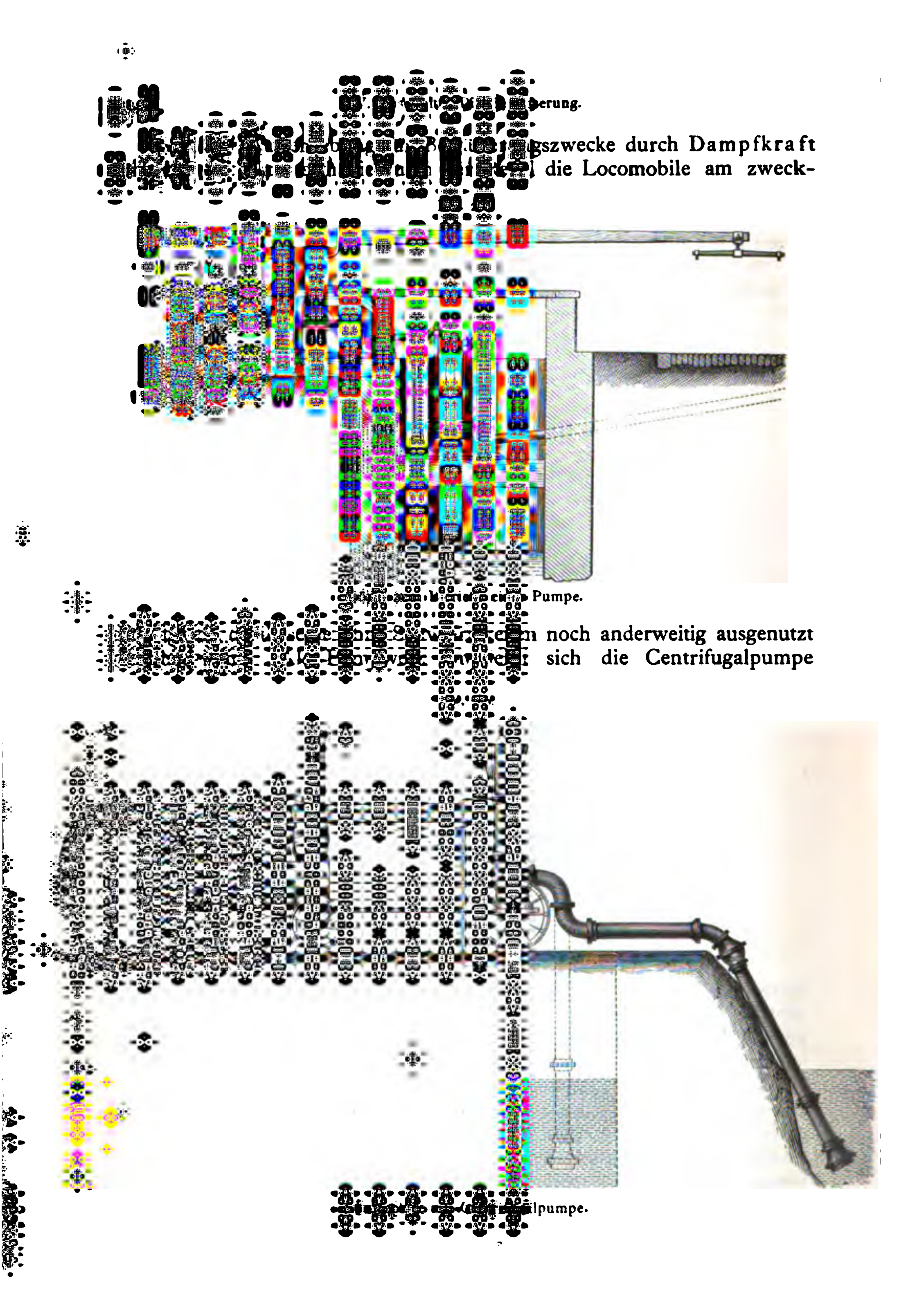
...derem Vortheile, finden
...en amerikanischen Con-



...ngsanlagen Verwendung;
...mbinirt werden, die, bei
...Windstille in Verwendung
...gsanlagen, Gemüsegärten,
...en Windräder in neuerer
...sere Wiesen- oder Acker-
...Windmotors empfehlen,
...e, für den Fall zur Ver-
...ässerung mit anhaltender

...erung.

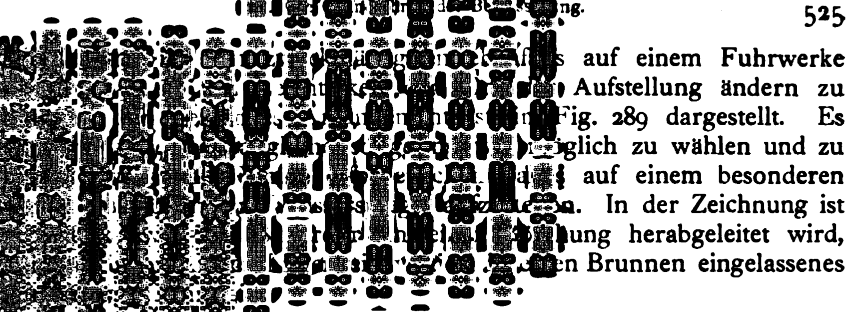
...gszwecke durch Dampfkraft ... die Locomobile am zweck-



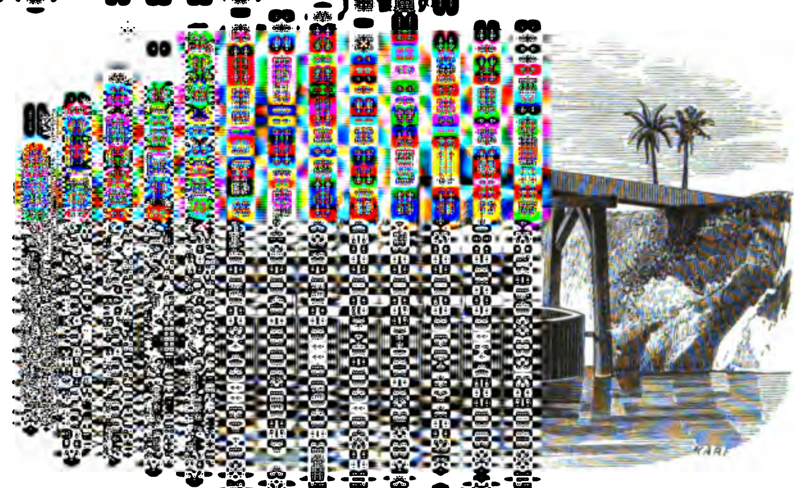
... Pumpe.

... noch anderweitig ausgenutzt ... sich die Centrifugalpumpe

...lpumpe.



s auf einem Fuhrwerke Aufstellung ändern zu Fig. 289 dargestellt. Es glich zu wählen und zu auf einem besonderen n. In der Zeichnung ist ung herabgeleitet wird, n Brunnen eingelassenes



ben.

sich, wenn man die ksichtigt lässt, nach der

dann ergiebt sich

en ist demnach im Stande,

o hebt die Maschine pro enbewässerung 40 bis 50 ha

endung der Dampfkraft s in Fig. 290 dargestellte

Ponton-Schraubenboot von Gwynne in London, welches in neuerer Zeit auf den indischen Canälen vortheilhafte Verwendung gefunden hat. In dem Boote befindet sich eine Dampfmaschine, unmittelbar mit der Centrifugalpumpe combinirt, im Wesentlichen in der Anordnung Fig. 186 (Seite 323). Das Saugrohr ist durch den Boden des eisernen Bootes geführt, während das Druckrohr teleskopisch auseinander gezogen werden kann, um das Wasser auf beliebige Höhen zu fördern. Diese Einrichtung gestattet, das Pumpwerk den verschiedenen Uferhöhen bequem anzupassen. Die Verlängerung und Verkürzung des Rohres erfolgt mittelst einer Handkurbel und Zahnradtransmission. Soll das Boot seinen Standpunkt verändern, so wird die Centrifugalpumpe von der Dampfmaschine ausgelöst und diese mit der Schiffsschraube verkuppelt.

Anmerkung. Wie bereits Eingangs bemerkt, eignet sich die mechanische Wasserhebung für Bewässerungszwecke nur für kleinere Anlagen und geringe Wassermengen; ungeeignet, weil zu kostspielig, ist dieselbe namentlich, sobald grosse Wassermengen auf beträchtliche Höhe zu heben sind und eine sehr lange Druckleitung erforderlich wird. In diesem Falle stellen sich die Kosten im Vergleiche zu dem Nutzen weitaus zu hoch. Ein lehrreiches Beispiel hierfür giebt die Arbeit des Regierungs-Baumeisters Witzell über das Project zur Bewässerung der Ländereien der Gemeinde Pfalzdorf mit aufzupumpendem Rheinwasser.*) Die erforderliche Wassermenge für die anfeuchtende Bewässerung von 500 ha wurde auf 43 200 cbm in 24 Stunden (1 l pro Hektar und Secunde) festgesetzt, die Förderhöhe auf 32,5 m, der Durchmesser des Druckrohres auf 0,8 m, die zu entwickelnde Leistung der Dampfmaschine auf 325 indicirte Pferdekraft. Die Länge der Druckleitung wurde bei zwei Alternativ-Projecten auf 8480 bezw. 11 830 m (Wasserentnahme aus dem Rhein bezw. einem ehemaligen Rheinarme, der Kalflack) ermittelt. Die Gesammtkosten berechneten sich bei Entnahme des Wassers aus dem Rhein auf 1 470 000 M., bei der Entnahme desselben aus der Kalflack auf 1 217 000 M. Die Jahreskosten der Anlage stellten sich bei Project I auf 80 515 M., bei Project II auf 81 870 M.; im ersteren Falle aus dem Grunde niedriger, weil beabsichtigt war, die Maschinenkraft 8 Monate hindurch zur Trockenhaltung eines Polders zu verwerthen, so dass die Interessenten desselben mit der Hälfte der Zinsen des Anlagecapitales, der Erneuerungs- und Amortisationsquoten für die Gebäude und Maschinen zu belasten gewesen wären. Die Kosten des Umbaus der zu bewässernden Flächen, für welche der Projectant den natürlichen Rücken- und Hangbau bezw. Etagen-Rückenbau in Aussicht nahm, wurden nur sehr niedrig und zwar auf 50 M pro Hektar veranschlagt. Diese Kosten wären von den einzelnen Besitzern direct zu tragen.

Die jährlichen Gesammtkosten der Bewässerung pro Hektar wurden wie folgt berechnet:

---

*) Landwirthschaftliche Jahrbücher, 1881, Seite 525.

1. Zinsen des Anlagecapitales, Erneuerungsquote und Amortisationsquote nach Project I . . . . 161,03 M.
2. Betriebskosten zur Förderung von 10 627,2 cbm Wasser (1 l pro Hektar und Secunde auf 123 Tage) à 1 Pfg. . . 106,27 „
3. Zinsen und Amortisation für die Kosten der Flächenumwandlung, 5 % von 50 M. . . . . 2,50 „

Zusammen 269,80 M.

Es wurde zum Zwecke der Ermittlung der Rentabilität angenommen, dass der jährliche Rohertrag der sachgemäss bestellten und berieselten Flächen den in der Lombardei erzielten Erträgen gleich käme und dass jährlich, wie dort, pro Hektar 10 cbm Compost zur Düngung verwendet werden, und danach berechnet:

Mittel des zukünftigen Rohertrages von Wiesen und Futterfeldern pro Hektar 7200 kg Heu, 100 kg à 6 M. . . . . . . 432 M.

Hiervon ab:

1. Wasserkosten pro Hektar . . . . 269,8 M.
2. Bestellungs- und Erntekosten . . . . 50,0 „
3. Düngerkosten, 10 cbm à 8 M . . . . 80,0 „

399,8 „

Bleibt Reinertrag 32,2 M.

Da der seitherige Reinertrag nach der Grundsteuer-Veranlagung pro Hektar 38 M beträgt, so würde der zukünftige Reinertrag sich, selbst unter der überaus hohen Annahme für die Ernteergebnisse und niedrigen Ansätze für die Bewässerungsanlage um

5,8 M pro Hektar

niedriger stellen. Das Unternehmen konnte mithin nach diesem Ergebnisse als ein landwirthschaftlich nutzbares nicht bezeichnet werden, ein Resultat, welches übrigens bereits im Voraus ersichtlich sein musste.

d. Die Bewässerungsmethoden.

Die Aufleitung des Wassers auf die zu bewässernde Fläche kann in verschiedenster Weise erfolgen und zwar richtet sich dieselbe im Wesentlichen nach den Culturen, der Bodenbeschaffenheit, der natürlichen Formation der Oberfläche und den zur Verfügung stehenden Mitteln. Man unterscheidet drei Methoden der Bewässerung, nämlich

1. die Einstauung,
2. die Ueberstauung,
3. die Ueberrieselung.

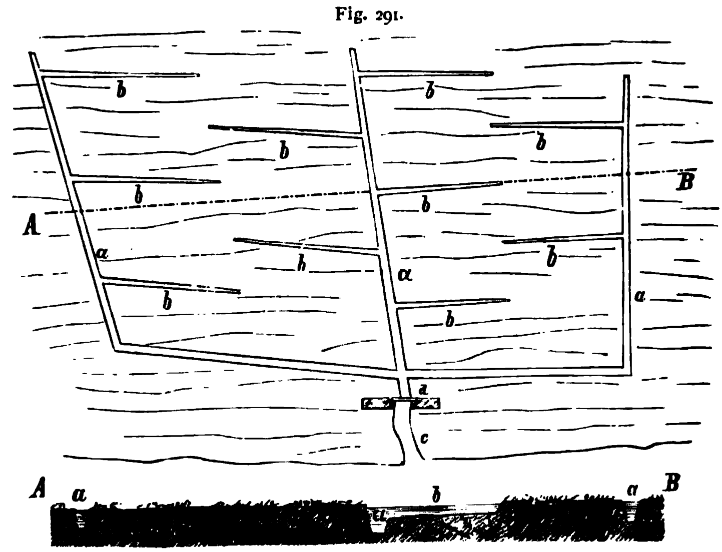
Bei der Einstauung wird das Wasser in Gräben festgehalten oder eingeleitet; bei der Ueberstauung werden auf der zu bewässernden Fläche mittelst Dämme, oft mit Benutzung der natürlichen Terrain-

formation, Bassins gebildet, in welchen das Wasser nahezu oder vollständig zur Stagnation gebracht wird. In einzelnen Fällen wird jedoch auch bei der Ueberstauung das Wasser in stetem Fliessen erhalten (Stauberieselung). Bei der Ueberrieselung läuft das Wasser stetig in dünner Schicht von einer geneigten Fläche herab und wird an der tiefsten Stelle von einem Entwässerungsgraben abgeführt, falls die Fläche nicht in Betreff ihrer Durchlässigkeit und Ausdehnung derartig beschaffen ist, dass das Wasser vollständig in den Untergrund versinkt.

1. Die Einstauung.

Es giebt zwei verschiedene Methoden der Einstauung und zwar die Benutzung von Entwässerungsgräben zur zeitweisen Einstauung (Einstauung im engeren Sinne) und die Furchenbewässe-

Fig. 291.



Einstauung des Wassers.

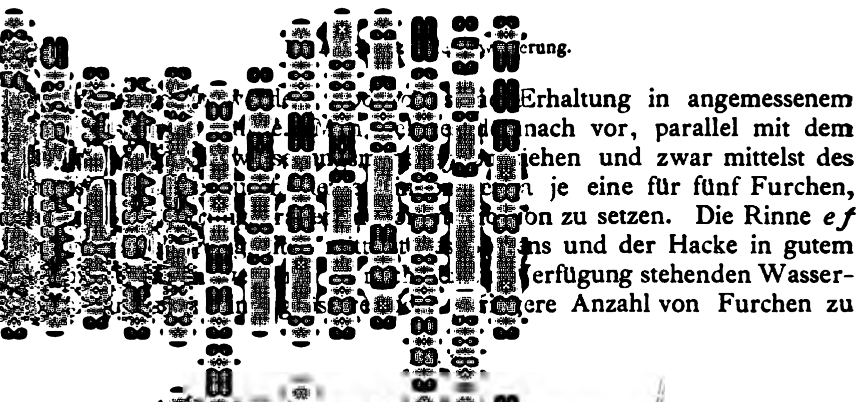
rung. Erstere in Fig. 291 dargestellte Methode kommt zuweilen bei versumpften Wiesen in Anwendung. Die Gräben *a a* mit ihren Abzweigungen *b b* dienen, so lange die Wiese an überschüssiger Nässe leidet, zur Ableitung des Wassers, welches in den Vorfluthgraben *c* geführt wird. In der Periode der Dürre wird eine bei *d* angebrachte Schleuse geschlossen, wodurch das Grundwässer und Tagewasser sich in den Gräben ansammelt, durch die Grabenwandungen seitlich in den Boden tritt und so, freilich nur auf eine kurze Strecke, eine vortheilhafte, der Vegetation zu Gute kommende Feuchtigkeit in den Boden bringt. Kurz vor der Heuernte wird die Schleuse geöffnet, um die Wiese trocken zu legen.

Es bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung, um die Unvollkommenheit dieser Methode darzulegen: die Wirkung des angestauten Wassers erstreckt sich nur auf kurze Entfernungen von den Gräben, falls der Untergrund nicht ein durchlassender ist; fernerhin kann durch das Wasser nur eine Anfeuchtung und Auflösung der im Boden enthaltenen Nährstoffe, nicht aber eine düngende Wirkung erzielt werden. Es ist selbstverständlich, dass eine derartige Einstauung nicht stattfinden darf, wenn das Wasser schädliche Verbindungen aus dem Boden aufgelöst hat.

Immerhin hat die Methode, wenn auch mit derselben niemals die höchsten Erträge erzielt werden können, das Gute, dass sie überaus einfach und billig ist, besonders, da eine Planirung oder Umformung der Oberfläche nicht stattfindet. Ferner ist die Ent- und Bewässerung in einem Grabensysteme vereinigt und bedarf es keiner besonderen Geschicklichkeit bei der Behandlung, welche bei Rieselanlagen stets in erheblichem Grade erforderlich ist. Vorbedingung für die Einstauungsbewässerung ist ein Terrain mit sehr geringem Gefälle, da andernfalls die Wirkung der Sperre sich nicht zu den höheren Punkten des Terrains erstreckt und und ferner ein durchlassender Boden und Untergrund.

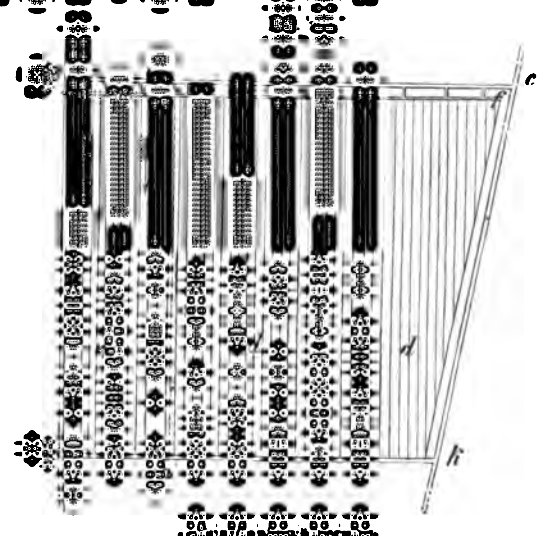
Das zweite System der Einstauung, auf einem ganz anderen Principe beruhend, ist die Furchenbewässerung, welche in südlichen Ländern, wo mit dem Wasser hauptsächlich eine Anfeuchtung bezweckt wird, in umfassendem Masse für alle möglichen Culturen in Anwendung kommt, desgl. bei uns für den Gemüsebau, im nördlichen Frankreich für die Bewässerung von Hackfrüchten, Rüben und Kartoffeln und endlich bei den verschiedenen mit dem Canalwasser der Städte vorgenommenen Culturen. Eine Reihe paralleler Furchen wird mit dem Häufelpfluge erstellt und werden die Culturgewächse zwischen denselben auf den Kämmen angebaut. Oder es werden, wie beim Rübenbau, die Samenkerne mittelst der Reihensäemaschine oder durch Handarbeit in parallelen Reihen ausgelegt und wird hierauf die Erde an die im Wachsthume begriffenen Pflanzen mit dem Pfluge angehäufelt. In die so erstellten Furchen wird das Wasser eingeleitet; dasselbe durchdringt den Boden, führt den Pflanzenwurzeln die erforderliche Feuchtigkeit zu und bewirkt eine Lösung der im Boden befindlichen Nährstoffe. Bei dem Anbau von Gemüse- und manchen Industriepflanzen werden die zur Bewässerung dienenden Gräben in Abständen von 1,50 bis 2 m erstellt, bei Mais, Kartoffeln, Rüben u. s. w. beträgt die Entfernung 0,60 bis 0,80 m. Es leuchtet ein, dass der Erfolg der Furchenbewässerung um so grösser sein wird, je näher die Furchen zu einander liegen.

Fig. 292 zeigt die Disposition der Furchenbewässerung: *a b* ist der Haupt-Bewässerungsgraben, *a c* eine Abzweigung zur Bewässerung der in der Zeichnung dargestellten Parcelle. Die Linien *d d* stellen die mit dem Pfluge aufgeworfenen Furchen dar, in welche das Wasser eingeleitet wird. Wollte man dieselben unmittelbar in den Zubringer *a c* einführen, so müsste der letztere mit einer grossen Anzahl von seitlichen Ein-



…erung.

…Erhaltung in angemessenem …nach vor, parallel mit dem …iehen und zwar mittelst des …n je eine für fünf Furchen, …on zu setzen. Die Rinne *ef* …ns und der Hacke in gutem …erfügung stehenden Wasser- …ere Anzahl von Furchen zu

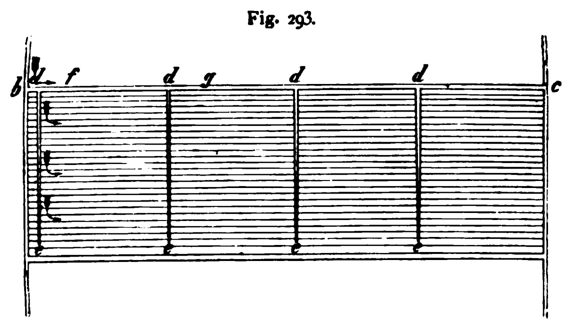


…hst die ersten Reihen bis *gh* …rett eingesetzt und hier die …bei *g* mittelst einer Schaufel …nale eingeleitete Wasser muss …n bis *gh* ergiessen; soweit …rdunstet, wird es mit Hilfe …n den Hauptgraben zurück- …btheilung beendigt, so wird …Zuleiter der ersten Abtheilung …ossen, ebenso die Rinne *ef* … Bewässerung dieser letzteren … folgenden Abtheilungen be-

…er geschilderten Furchen- …rd, dass die Disposition des …n rechtwinklig zu dem Be- …n Falle würde man das Feld

durch die Rinnen *d e* in Abtheilungen theilen und in diese die sämmtlichen Furchen derartig einleiten, dass die Communication nur auf der einen Seite, z. B. der in der Zeichnung rechten Seite, hergestellt wird. Auf der linken Seite wird alsdann die Verbindung der Rinnen *d e* mit den Furchen mittelst je eines kleinen Erdstaues verhindert. Setzt man jetzt bei *f* ein Staubrett ein, so gelangt das Wasser nur in die erste Rinne *d e* und von dieser in die Abtheilung rechts von derselben bis zur zweiten Rinne. Ist diese Abtheilung hinlänglich gewässert, so wird die erste Rinne *d e* geschlossen und das Staubrett bei *g* eingesetzt, wodurch die Bewässerung der zweiten Abtheilung eingeleitet wird und so

Fig. 293.



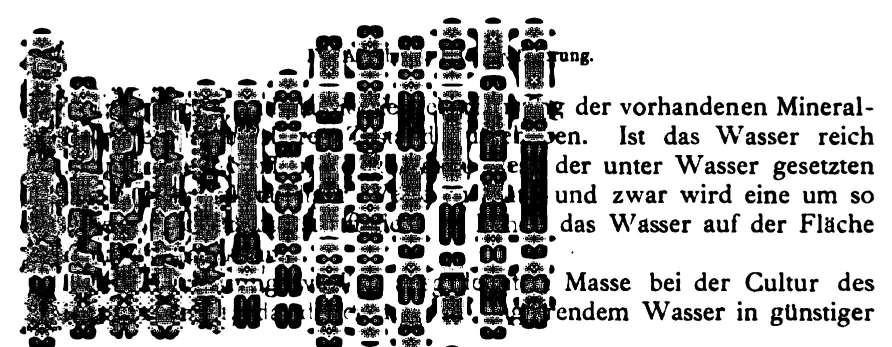
Furchenbewässerung.

fort. Die Rinnen *d e* verjüngen sich allmählig; ihre anfängliche Breite beträgt etwa 0,50 m; die Tiefe derselben muss um Einiges grösser gewählt werden als die der Furchen.

Die Furchenbewässerung gestattet die mannigfaltigsten Modificationen; sie ist bei nicht zu leichtem Boden auf den stärksten Hängen zulässig, auf denen der Boden mit dem Pfluge bearbeitet wird. Ist das Gefälle derartig beträchtlich, dass ein Ausreissen der Furchen und Wegschlemmen des Bodens zu erwarten steht, was namentlich auf leichtem Boden vorkommen könnte, so ordnet man die Furchen nicht im stärksten Gefälle sondern in schräger Richtung an; auch würde man durch Verringerung der Tiefe und Vergrösserung der Furchenbreite eine Verzögerung der Geschwindigkeit des Wassers erzielen und somit ein Zusammenschlemmen des Bodens verhüten können.

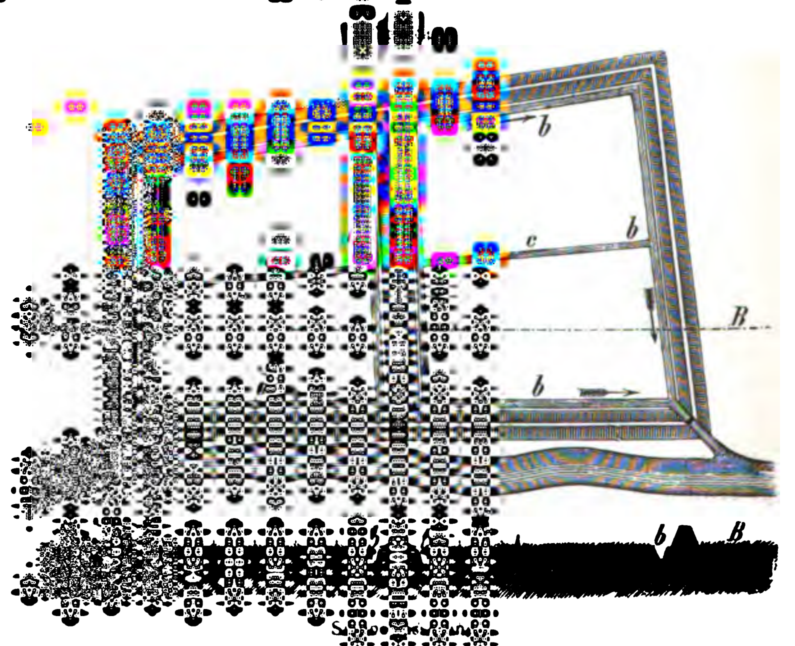
2. Die Ueberstauung.

Durch die Ueberstauung wird das zu bewässernde Terrain während der Bewässerung in einen See verwandelt. In dieser Zeit findet ein Abschluss der Pflanzen von der atmosphärischen Luft statt, was einerseits den Vortheil gewährt, dass dieselben gegen den Frost geschützt sind, vorausgesetzt, dass kein vollständiges Einfrieren des stagnirenden Wassers stattfindet; andererseits ist jedoch während dieser Periode der Ver-



...g der vorhandenen Mineral-
...en. Ist das Wasser reich
... der unter Wasser gesetzten
... und zwar wird eine um so
... das Wasser auf der Fläche

... Masse bei der Cultur des
...endem Wasser in günstiger



...uung vielfache Anwendung
...h, wie im Capitel „Wiesen-
...ls die höchst möglichen Er-
...rden können. Das nämliche
...tauberieselung.
... gegenüber der Berieselung
...gen zumeist sehr einfacher
...he nicht stattfindet. Ferner
... einfache. Nicht unberück-
...ss bei Sand- und Schotter-
...em Wasser eine wesentliche
...olmation (vgl. Seite 335) be-
... des schlickreichen Wassers

eine Bodenkrume geschaffen und so die Möglichkeit einer, gute Erträge liefernden Wiesenanlage gegeben.

Man unterscheidet natürliche Ueberstauung (Ueberschwemmung) und künstliche Ueberstauung. Erstere erfolgt, wenn das Hochwasser eines Baches oder Flusses aus seinen Ufern tritt und die anliegenden Gründe zeitweilig unter Wasser setzt. Durch angemessene Grabenanlagen und Dämme sowie durch Ausgleichung von erhöhten Stellen auf dem Ueberschwemmungsgebiete kann das ausgetretene Wasser derartig geleitet werden, dass es sich auf einer bestimmten Fläche in gewünschter Weise ausbreitet. Bei der künstlichen Ueberstauung wird das zu bewässernde Terrain durch Dämme, deren Kronen in einer Horizontalebene liegen, vollständig eingefasst, soweit nicht eine natürliche Ansteigung des Terrains den Abschluss von dem angrenzenden Lande bewirkt. Das Wasser wird durch einen, mit einer Schleuse versehenen Zuleitungscanal in das eingedämmte Land eingeführt, wobei die Vertheilung desselben häufig noch durch interne Gräben erleichtert wird. Die Rückleitung des Wassers in den ursprünglichen Wasserlauf erfolgt an einer weiter abwärts gelegenen Stelle, ebenfalls mittelst eines Grabens, in welchem eine Schleuse angebracht ist. Fig. 294 zeigt das Princip einer derartigen Anlage mit zwei Stauabtheilungen (Revieren, Quartieren). Bei *a* findet die Zuleitung des Wassers mittelst einer Kastenschleuse statt; dasselbe tritt in den Graben *b*, welcher die erste Abtheilung innerhalb der Dammumgrenzung umgiebt und mit Hilfe eines kleineren, quer durch die Abtheilung gezogenen Grabens *c* eine Ueberfluthung des Terrains bewirkt. Durch Kastenschleusen, welche in dem Damme eingesetzt sind, kann das Wasser in die zweite Abtheilung und von dieser in eine folgende bezw. in den Bach zurückgeleitet werden. Die Krone des Dammes muss eine Höhe gleich der beabsichtigten Stauhöhe, vermehrt um die Höhe des vorkommenden Wellenschlages, welche von der Grösse der Fläche und der Stauhöhe abhängt, besitzen; die Böschung erstellt man bei gutem Boden, z. B. einem lehmigen Sandboden, auf der Binnenseite in dem Verhältnisse 1 : 2, bei Sandboden wie 1 : 3 bis 4, auf der äusseren Seite in dem Verhältnisse 1 : 1,5. Durch den sich bildenden Rasen wird der Damm bald vollständig gegen Abbruch durch den Wellenschlag gesichert.

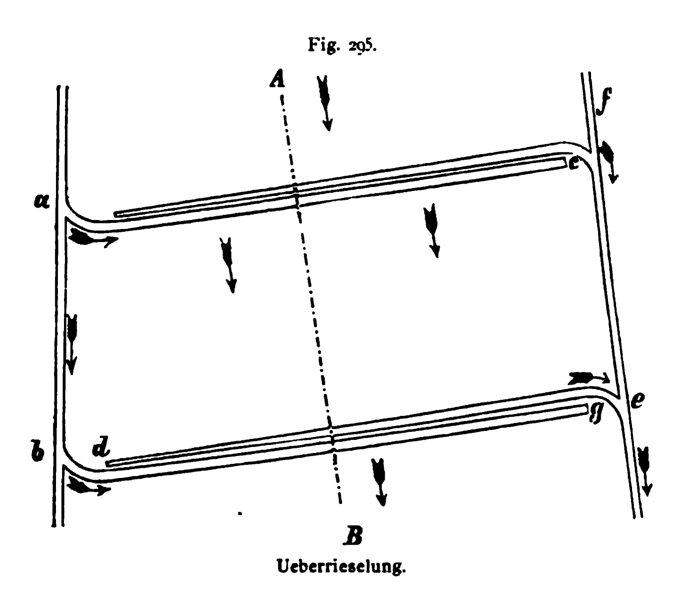
Stauanlagen bedingen ein nur geringes Terraingefälle, weil andernfalls die einzelnen Stauabtheilungen (Quartiere) zu klein ausfallen würden. Es würde dies eine zu beträchtliche Länge der Dämme und zu viele Schleusen erforderlich machen.

3. Die Ueberrieselung.

Die Ueberrieselung wird vornehmlich bei der Bewässerung der Wiesen in Anwendung gebracht; sie setzt ein geneigtes, vollkommen ebenes Terrain voraus, welchem das Wasser durch eine seitlich überschlagende Rinne zugeführt wird. Das System gestattet die mannigfaltigsten Modificationen, welche in dem Abschnitte „Wiesenbewässerung"

eingehend besprochen werden sollen. Als Grundsatz muss aufgestellt werden, dass das Wasser stets nur in dünner Schicht über die Fläche läuft, niemals derartig, dass die Pflanzen vollständig von dem Wasser bedeckt und somit von der Luft abgeschlossen sind. Die einzelnen Wasserfäden sollen sich gewissermassen um die Halme der Gräser winden, in eine innige Berührung mit denselben kommen und hierdurch in ihrer Bewegung derartig gehemmt werden, dass ein möglichst vollständiges Absetzen der im Wasser enthaltenen schwebenden Theilchen erfolgt. Auch die gelösten Stoffe können nur in dem Falle dem Boden und den

Fig. 295.



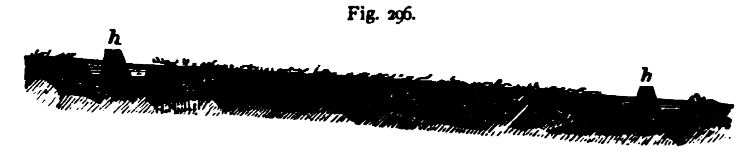
Ueberrieselung.

Wurzeln der Pflanzen zu Gute kommen, dass die Bewegung eine möglichst langsame ist, dass jeder Grashalm die Bewegung des antreffenden Wasserfadens verzögert, gleichsam einen Stau bildet. Je vollkommener das Fliessen in dünner Schicht erreicht wird, desto günstigeren Erfolg bringt die Bewässerung hervor und desto ökonomischer findet die Ausnutzung des Wassers statt. Läuft das Rieselwasser in starker Schicht über eine Hangfläche, so kommt der grösste Theil desselben mit dem Boden und den Pflanzen in keine Berührung; dasselbe ist demnach auch nur im beschränktesten Masse im Stande, seine düngenden Bestandtheile, suspendirte wie gelöste, dem Boden zuzuführen und kann leicht dazu dienen, denselben zu versumpfen, wenn nicht für eine gesicherte Ableitung des Wassers Sorge getragen ist. Jedenfalls ist eine Rieselanlage, bei welcher das Wasser in derartiger Menge dem Boden zugeleitet wird, dass es in mächtiger Schicht abfliesst, aus dem Grunde als eine fehlerhafte anzusehen, weil mit der nämlichen Wassermenge eine erheblich

grössere Fläche gewässert werden könnte, wodurch auch am ehesten die Gefahr der Versumpfung vermieden wird.

Das Princip einer Rieselanlage zeigt Fig. 295. *a b* ist der Haupt-Zuleitungsgraben, welcher einer grösseren Anzahl von Parcellen das Wasser zuleitet; die Rinne *a c* führt der in der Zeichnung dargestellten Parcelle das Wasser zu und zwar schlägt dasselbe an der unteren Kante der Rinne über und gelangt so auf die Hangfläche. Soweit das Wasser nicht in diese eindringt oder durch Verdunstung entfernt wird, vereinigt es sich schliesslich in der am Fusse des Hanges erstellten Entwässerungsrinne *d e* und wird von dieser in den Entwässerungsgraben *f e* geleitet, welcher das abgerieselte Wasser einer grösseren Anzahl von Parcellen aufnimmt. *b g* ist die Bewässerungsrinne für die unterhalb gelegene, anschliessende Parcelle. Die Entwässerungsrinnen werden häufig mit dem Pfluge erstellt; sie erweitern sich allmählig in dem Masse, wie sie das abgerieselte Wasser einer grösseren Fläche in den Entwässerungs-

Fig. 296.



Profil einer Ueberrieselungsanlage.

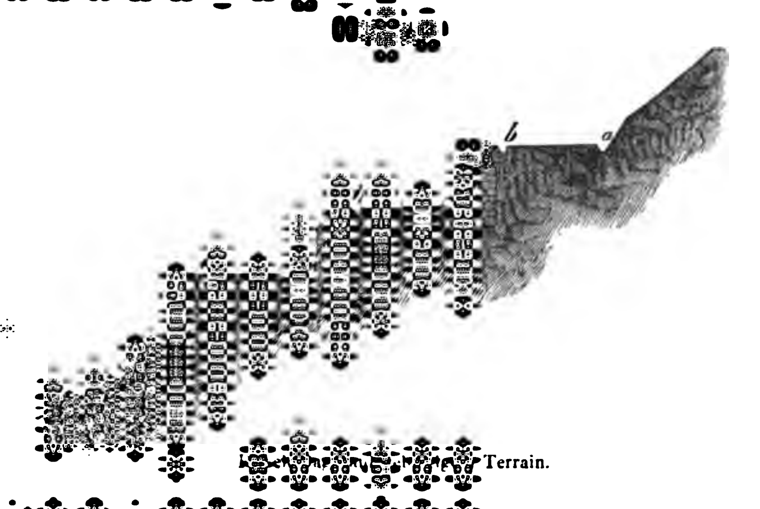
graben zu leiten haben. Fig. 296 zeigt das Profil der Anlage Fig. 295, nach der Linie *A B* geschnitten. Man ersieht, dass sich oberhalb jeder Rieselrinne ein kleiner Damm *h* befindet, durch welchen die Rinne von der Entwässerungsrinne der oberen Parcelle abgeschieden wird.

Bei den Rieselanlagen einfachster Art mit hinlänglich starkem Gefälle entfallen die Entwässerungsrinnen; das Wasser gelangt vielmehr von dem oberen Hange direct in die Bewässerungsrinne des anschliessenden unteren. Es ist dies jedoch nur bei derartig starkem Gefälle zulässig, dass kein schädlicher Rückstau des Wassers eintreten kann.

Die Rieselrinnen. Um ein vollkommen gleichmässiges Ueberschlagen des Wassers aus der Rieselrinne zu bewirken, wird dieselbe in einer horizontalen Lage angeordnet; sie erhält demnach die Gestalt der in der Höhe der betreffenden Rieselrinne ermittelten Schichtenlinie, wird also auf ebenem Terrain in gerader, auf coupirtem Terrain in entsprechend gekrümmter Richtung geführt. Das Terrain zwischen der Bewässerungs- und der Entwässerungsrinne muss derartig geebnet sein, dass das Wasser durchaus gleichmässig abrieseln kann, keinen Theil unbewässert lässt oder an einzelnen Stellen versackt und den Boden zeitweilig in einen Sumpf verwandelt. Hierzu ist es aber erforderlich, dass das Wasser auf der ganzen Länge der Rinne gleichmässig überschlage, weil andernfalls einzelne Theile des Hanges zu viel, andere zu wenig oder gar kein Wasser erhalten würden.

rung.

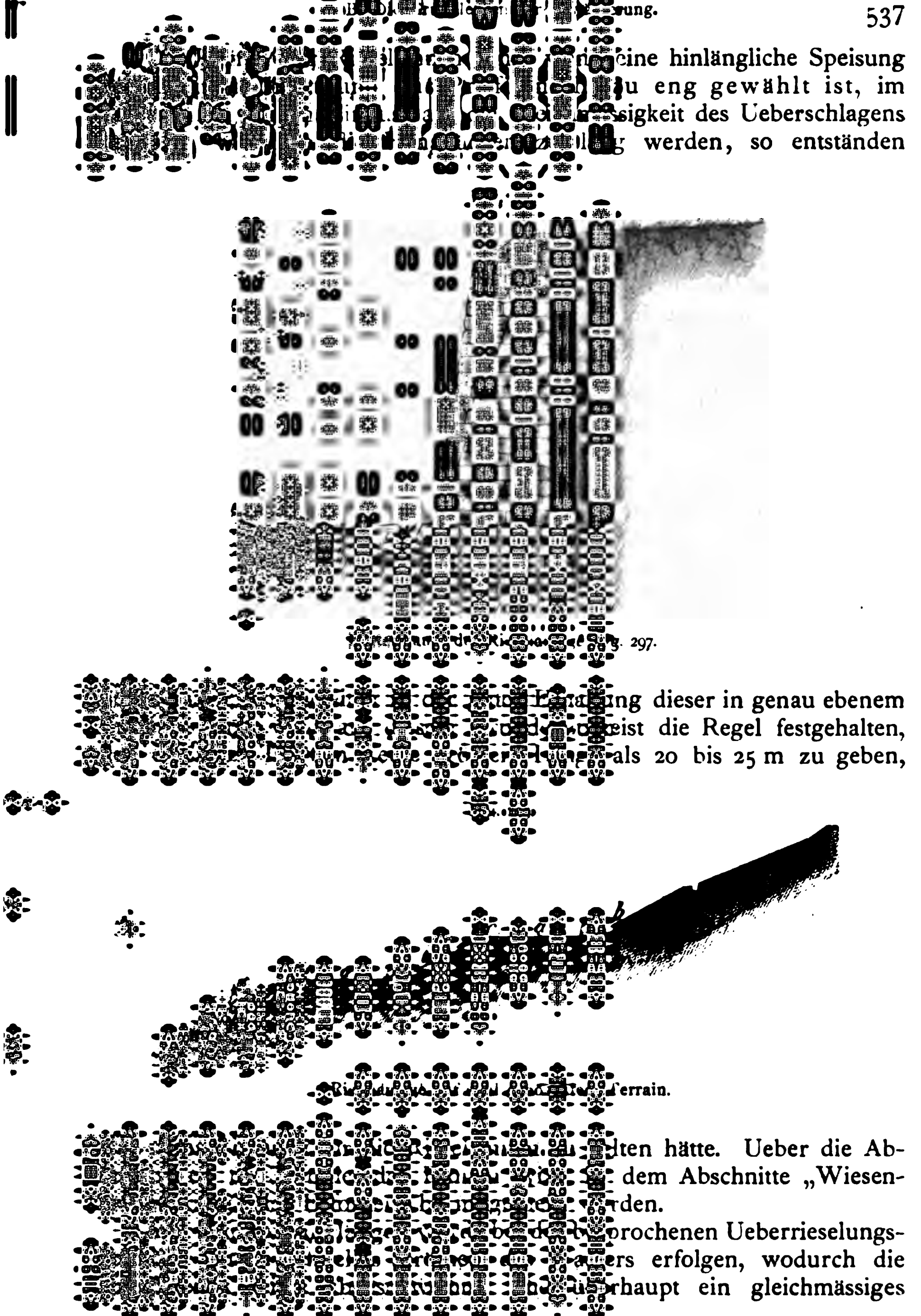
wecke die Ueberschlags-
tellen ist. Zunächst ist zu
s in der Rinne während des
ein. beständiger Zufluss von
muss die Ueberschlags-Kante
Ueberschlagen des Wassers
zontal, so würde das Wasser
eite, von welcher sie gespeist
zu starkem Gefälle angelegt,
agen erfolgen. Das erforder-



Terrain.

s gleichmässige Ueberschlagen
assers selbst, indem man mit
Kante absticht bezw. an den
usschliessliches Ueberschlagen
von dichter Erde erhöht. Hat
kes Gefälle gegeben, wodurch
dem unteren Ende erfolgen
ringung eines oder mehrerer
as Wasser am oberen Theile
Ueberschlagen auf der ganzen
nen solchen Stau vermittelst
n, welche das Profil in an-
en Oberwasserspiegel heben;
Seitenwandungen der Rinne
esetzt und so lange genähert
Ueberschlagen erreicht ist.

... eine hinlängliche Speisung
... zu eng gewählt ist, im
... ssigkeit des Ueberschlagens
... werden, so entständen



... Fig. 297.

... ng dieser in genau ebenem
... eist die Regel festgehalten,
... als 20 bis 25 m zu geben,

... Terrain.

... lten hätte. Ueber die Ab-
... dem Abschnitte „Wiesen-
... rden.
... prochenen Ueberrieselungs-
... rs erfolgen, wodurch die
... rhaupt ein gleichmässiges

Ueberrieseln nicht durchgeführt werden könnte. Man zieht es demnach vor, auf derartig steilen Hängen, denen oft das Wasser in reichem Masse zur Verfügung steht, Terrassen anzulegen und auf diesen die Rieselanlagen einzurichten, Fig. 297. Hier sind die einzelnen Terrassen durch Futtermauern gestützt, welche aus den bei der Urbarmachung des Terrains gewonnenen Steinen erbaut wurden. Auf den ebenen, schwach geneigten Flächen der einzelnen Absätze können alle, dem Boden und Klima zusagende Culturen eingerichtet werden. In südlichen Ländern bepflanzt man derartige Flächen mit Obstbäumen oder Wein, denen das Wasser durch Rieselrinnen *a a* zugeführt wird. Die Entwässerungsrinnen *b b* sammeln das abfliessende Wasser an und leiten es an bestimmten Stellen mittelst einer in der Futtermauer angebrachten Mulde, deren Profil in Fig. 298 in vergrössertem Massstabe dargestellt ist, in kleine Bassins *c*, aus denen es sich in die Rieselrinne der unteren Fläche vertheilt.

Fig. 299 zeigt eine etwas abweichende Anordnung der Bewässerung steiler Hänge: Zwischen zwei nur wenig geneigten Flächen *a a*, auf welchen beliebige Culturen angelegt werden, befinden sich steiler abfallende Flächen *b b*, welche mit Rasen gedeckt sind, wodurch ein Abschwemmen des Bodens verhütet wird. Die Entwässerungsrinnen *c* der schwach geneigten Hänge bilden gleichzeitig die Wasserrinnen für die steileren Hänge. Das von letzteren ablaufende Wasser sammelt sich in den Rieselrinnen *d* für die unteren schwachen Hänge. Derartig angelegte Flächen liefern unter angemessenen Verhältnissen sehr gute Erträge.

4. Die wiederholte Benutzung des Wassers.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass das abgerieselte Wasser auf weiter unterhalb gelegenen Flächen wiederum zur Bewässerung erfolgreich verwendet werden kann. Die Wiederbenutzung wird vornehmlich in Frage kommen, wenn die Bewässerung mit grösseren Wassermengen stattfindet, wenn also eine düngende Wirkung mittelst der im Wasser enthaltenen Stoffe erzielt werden soll. Dient dasselbe lediglich zur Anfeuchtung des Bodens, so soll das gesammte, einer bestimmten Fläche zugeführte Wasser womöglich von dieser consumirt werden, so dass eine weitere Benutzung eines Theiles desselben in der Regel nicht möglich ist.

Das Wasser verliert beim Ueberrieseln und noch mehr bei der Ueberstauung einen Theil seiner mitgeführten festen Bestandtheile; demnach ist es zweifellos, dass wenn die düngende Wirkung vornehmlich von diesen erwartet wird, das zum zweiten und dritten Male verwendete Wasser nicht den gleichen Erfolg haben kann wie frisches Wasser. Es wird desshalb gewöhnlich, wenn irgend zulässig, die Einrichtung getroffen, dass bei einer Bewässerungsanlage mit wiederholter Benutzung des Wassers jeder Fläche neben dem bereits ein 'oder mehrere Male abgerieselten auch frisches Wasser gegeben werden kann, so dass die

Schlicktheilchen jeder einzelnen Parcelle in gleicher Menge zugeführt werden können. Der Verlust an gelösten Stoffen ist verhältnissmässig unbedeutender, so dass den unteren Flächen das Wasser nahezu mit gleichem Gehalte an diesen zukommt wie den oberen.

In der wiederholten Benutzung ist ein vortreffliches Mittel gegeben, selbst mit verhältnissmässig geringen Wassermengen ausgedehnte Flächen zu bewässern und sollten daher, wenn die Gefällsverhältnisse es nur einigermassen gestatten, stets die bezüglichen Einrichtungen für die mehrfache Benutzung getroffen werden. Wie oft das Wasser auf neuen Flächen verwendet werden kann, lässt sich, der Natur der Sache entsprechend, nicht für alle Verhältnisse im Voraus bestimmten; für ausgedehnte Anlagen würde es sich empfehlen, durch Versuche die Wirksamkeit des bereits mehrfach verwendeten Wassers zu ermitteln, um mit Hilfe der so gewonnenen Erfahrungen den Plan des Bewässerungssystemes festzustellen.

Es gilt als eine practische Regel, das bereits benutzte Wasser vorerst eine Strecke in einem offenen Graben fliessen zu lassen, ehe es wiederum zum Berieseln in Verwendung gebracht wird. König glaubt diese Thatsache auf Grund vieler Versuche wie folgt erklären zu können*):

1) Bei längerem Fliessen des abgerieselten Wassers nehmen die organischen Stoffe ab, indem sie oxydirt werden;

2) durch die rollende Bewegung des Wassers wird die überschüssige freie Kohlensäure an die Luft abgegeben;

3) das Wasser nimmt an Sauerstoff zu, wie verschiedene Versuche erwiesen haben;

4) die starken Temperatur-Veränderungen werden durch längeres Fliessen im offenen Graben mehr und mehr ausgeglichen, indem das Wasser sich je nach Umständen bald erwärmt, bald abkühlt und eine der Luft und dem Boden sich wieder nähernde Temperatur annimmt.

Bei der wiederholten Benutzung des Wassers ist dafür Sorge zu tragen, dass durch die Anspannung desselben in den unteren Bewässerungsgräben und Rinnen der in Etagen angeordneten Rieselflächen kein schädlicher Rückstau auf die oberhalb gelegenen Hänge erfolge, da andernfalls unzweifelhaft eine theilweise Versumpfung derselben stattfinden müsste. Nur wenn das Terrain ein derartig beträchtliches Gefälle besitzt, dass ein Rückstau des Wassers mit Sicherheit verhütet werden kann, ist die wiederholte Benutzung zulässig.

5. Die Röhrenbewässerung.

Der Vollständigkeit wegen seien hier noch die in England und im nördlichen Frankreich wiederholt angestellten Versuche erwähnt, den Feldern und Wiesen mittelst unterirdischer, in der Regel gusseiserner

*) Landwirthschaftliche Jahrbücher 1882, Seite 211.

Röhren das Wasser zuzuführen. Vornehmlich in dem Falle versuchte man die Anwendung dieser Methode, dass ein sehr dungreiches Wasser zur Verfügung stand, also z. B. grosse Mengen von Jauche aus den Viehställen, welche alsdann, mit einer acht- bis zehnfachen Menge Wasser verdünnt, durch Röhren auf die Felder geleitet wurden. Hier waren in angemessenen Abständen Hydranten, ähnlich den bezüglichen Apparaten der städtischen Wasserleitungen, angebracht, um die Flüssigkeit mittelst Schläuche auf die Felder zu vertheilen. Die ersten, welche in England dieses System anwendeten, waren der als Beschützer vieler landwirthschaftlicher Verbesserungen bekannte Mr. Mechi zu Teptree-Hall und Mr. Kennedy zu Myer-Mill in Ayrshire. Nach letzterem wird das Röhrensystem in der Regel als das Kennedy'sche System bezeichnet.

Auch bei der Einführung der Canalwasser-Bewässerung in England versuchte man an mehreren Orten, die Zuführung der Flüssigkeit zu den einzelnen Feldern mittelst unterirdischer, gusseiserner Röhren zu bewerkstelligen, in welcher Anordnung das System vor etwa einem Jahrzehnt eine nicht unbeträchtliche Verbreitung fand. Es zeigte sich jedoch bald eine Anzahl von Missständen, unter denen hervorzuheben ist, dass die Anlagekosten viel zu hoch ausfallen, um eine ausgedehnte Benutzung des Röhrensystemes zuzulassen. Ferner muss, um eine wirksame Vertheilung des flüssigen Düngers auf dem Acker zu ermöglichen, in dem Röhrensysteme ein beträchtlicher Druck vorhanden sein, der in den seltensten Fällen durch die natürliche Lage der Leitungen zu erreichen war. Es mussten demnach Pumpwerke angelegt werden, wodurch die Betriebskosten ebenfalls unverhältnissmässig hoch ausfielen. Schliesslich trifft dieses System der schwer wiegende Vorwurf, dass es nicht zu allen Zeiten des Jahres anwendbar ist. Sobald die Culturpflanzen eine gewisse Höhe erreicht haben, würden dieselben durch die über das Feld gezogenen Schläuche beschädigt werden, so dass eine Sistirung der Bewässerung nothwendig wird.

Aus den angeführten Gründen ging man da, wo diese Methode der Bewässerung Eingang gefunden hatte, fast allgemein wieder von derselben ab und leitete die Flüssigkeit in der gewöhnlichen Weise mittelst Gräben auf die Felder.

Man machte in England sogar den Versuch, das Wasser dem Boden während der Vegetationsperiode nach Art des Regens zuzuführen und zwar speciell für die Bewässerung der Futterfelder. Zu diesem Zwecke wurden an den gusseisernen Röhren in gleichmässigen Abständen Verticalröhren mit doucheartigen Mundstücken angebracht, um das unter beträchtlichem Drucke in dem Röhrennetze gehaltene Wasser in Staubform auf die Oberfläche des Bodens zu vertheilen. Man rühmte diesem Systeme wie im Allgemeinen dem Röhrensysteme mit Recht nach, dass eine Planirung der Flächen überflüssig ist, wodurch jedoch die anderweitigen Missstände, namentlich die weitaus zu hohen Kosten, in keiner Weise compensirt werden.

e. Der Preis des Wassers.

Die Zahlung des Wassers muss in irgend einer Form stattfinden, sobald dasselbe und der zu bewässernde Grundbesitz in verschiedenen Händen sind. Grössere Wassergenossenschaften legen ihren Mitgliedern gewöhnlich eine Beitragspflicht zur Verzinsung, Amortisation und Erhaltung der Anlagen auf, deren Höhe sich zumeist nach der Grösse der bewässerten Fläche richtet. Zuweilen findet hierbei noch eine Classification der Grundstücke statt, besonders wenn den einzelnen Betheiligten nicht stets frisches Wasser zugeführt wird, sondern wenn dieselben auch das von höheren Grundstücken abgerieselte Wasser erhalten. In jedem Falle muss eine Classification eintreten, sobald das Wasser den einzelnen Flächen nicht für gleich lange Dauer zur Verfügung steht, was durch Pegelmessungen an dem das Wasser liefernden Bache oder Flusse und durch ein Nivellement der Grundstücke unter Berücksichtigung der Höhenlage der Canäle zu bestimmen ist.

Die directe Bezahlung des Wassers ist vorwiegend in den südlichen Ländern üblich, wo der Staat oder einzelne Concessionäre die Meliorationen erster Ordnung, den Bau des Hauptcanales mit seinen wichtigsten Abzweigungen, ausführen und als Entschädigung die Wasserrente von den Grundbesitzern einziehen. In diesem Falle ist der Modus der Bezahlung derartig, dass entweder der thatsächliche Ankauf eines bestimmten Wasserquantums erfolgt, welches somit in das, freilich oft nur bedingte Eigenthum des Käufers übergeht, oder dass für die Bewässerung einer bestimmten Cultur pro Flächeneinheit (Hektar) oder endlich, dass unabhängig von der Grösse der zu bewässernden Fläche lediglich das zum Verbrauche gelangende Wasserquantum bezahlt wird. In der Concessionsurkunde wird häufig der Preis des Wassers und der Modus der Zahlung im Voraus festgesetzt, so dass eine spätere, einseitige Erhöhung des Preises ausgeschlossen ist. Die Bemessung desselben nach dem verbrauchten Quantum, welches in diesem Falle durch einen Ueberfall oder Modulus zufliessen muss, ist zweifellos das correcteste Verfahren, weil hierdurch allein die Garantie gegeben ist, dass das Wasser in ökonomischer Weise ausgenutzt und jede Verschwendung desselben verhütet werde.

Der Preis des Wassers nach den verschiedenen Bezugsarten ist im Allgemeinen kein constanter, sondern es wechselt derselbe nach dem Bedarfe; in den südlichen Ländern erfolgt die Feststellung des Preises sogar häufig durch öffentliche Feilbietung. An einzelnen Orten Spaniens, z. B. in Elche, bestehen förmliche Wasserbörsen, in denen täglich das Bezugsrecht des Wassers für die nächsten 24 Stunden verkauft wird. Der Preis ist hierbei ein sehr wechselnder; bei schwachem Zuflusse und lang andauernder Dürre steigt derselbe oft auf das Vielfache des normalen. Auch in Italien, an den lombardischen Staatscanälen, wurde in neuerer Zeit das System der öffentlichen Versteigerung des Wassers eingeführt.

Bei der Zahlung nach der Grösse der bewässerten Fläche ist in der Regel die Wasserabgabe an die Bedingung geknüpft, dass diese nur bei hinlänglichem Zuflusse zu erfolgen braucht; auf eine geregelte Bewässerung können die Grundbesitzer demnach nicht bestehen. Die Preise sind in Italien (am Cavour-Canale) nach Angabe von Markus für die jährliche Bewässerungsperiode folgende:

Für das Hektar	Reisfeld	100 Lire,
„ „ „	Wiese . . , ...	60 „
„ „ „	Getreide, Mais, Grünfutter	15 „

für jede Anfeuchtung.

Im südlichen Frankreich beträgt der höchste Preis pro Hektar und Jahr 60 Francs (am Canale von Marseille).

Bei der Zahlung nach der Menge des gelieferten Wassers sind die Preise im südlichen Frankreich (am Canal du Verdon) 60 bis 70 Francs pro Liter beständigen Zuflusses. In Italien schwanken dieselben ausserordentlich je nach der Jahreszeit der Bewässerung, ferner nach der Nachfrage und dem Werthe des bewässerten Bodens. Im grossen Durchschnitte geben die Staatscanäle der Lombardei sowie der Cavour-Canal das Wasser zu dem Preise von 23 bis 26 Lire pro Liter beständigen Zuflusses während der Bewässerungsperiode der Sommerculturen ab; der Preis des Winterwassers schwankt zwischen 1,8 Lire (am Cavour-Canale) und 3,75 Lire (an den lombardischen Staatscanälen) pro Liter continuirlichen Zuflusses vom 10. October bis 15. März des folgenden Jahres. Das Wasser wird nur solchen Grundstücken abgegeben, welche die Zuleitung mit einem Modulus (vergl. Seite 94) versehen haben. Für kleinere Besitzungen kommt dies einer nicht unbeträchtlichen Vertheuerung des Wassers gleich, da sich die Verzinsung und Amortisation des Modulus je nach der Grösse und der Construction desselben pro Liter Wasser auf 2,5 bis 5 Lire stellt.

Man hat häufig den Versuch gemacht, den Werth des Wassers nach den zu erzielenden Erfolgen durch Rechnung zu bestimmen, wobei sich jedoch stets Schwierigkeiten ergaben, die eine genaue Bestimmung des Werthes unmöglich machten. Der einfachste Weg hierzu wäre, die durchschnittlichen Mehrerträge des bewässerten Bodens im Vergleiche zu dem unbewässerten zu ermitteln, um danach die Wasserrente festzusetzen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass auch die Arbeiten in Anschlag gebracht werden müssen, welche der einzelne Grundbesitzer zum Zwecke der Aufleitung des Wassers ausführt, sowie die mit der Bewässerung veränderte Wirthschaftsweise. Es würde auch schwierig sein, festzustellen, in welchem Verhältnisse beide Parteien, der Canalbesitzer und der Grundbesitzer, an den Mehrerträgen zu participiren haben.

Ebenso unzuverlässig ist der Versuch, den Werth des Wassers nach der Menge der dem Boden zugeführten düngenden Stoffe zu berechnen,

da das Wasser in den südlichen Ländern vorwiegend und häufig ausschliesslich in anderer Weise als durch die Zufuhr von Düngstoffen seine Wirkung auf die Vegetation ausübt. Immerhin giebt dieser Weg aber einige Anhaltpunkte für den Minimalzins und sei deshalb hier eine derartige Berechnung angeführt, welche Cossigny mit Zugrundelegung der Untersuchungen von Hervé Mangon anstellte.*) Bei der Bewässerung der Wiesen von Taillades im Departement Vaucluse mit einer beständigen Zufuhr von 1 l Wasser pro Hektar und Secunde während 6 Monate verbleiben dem Boden 22 kg Stickstoff lediglich aus den gelösten Stoffen des Wassers und überdies 15 600 kg Schlick. Der Stickstoffgehalt des letzteren ist nicht bestimmt worden, lässt sich aber nach den Untersuchungen des Gehaltes der Durance an suspendirten Stoffen in den verschiedenen Monaten auf 0,085 Procent annehmen.**) Es ergiebt dies noch 13 kg Stickstoff, so dass die Gesammtmenge des zugeführten Stickstoffes 35 kg beträgt. In den käuflichen Düngemitteln beträgt der Werth des Stickstoffes mindestens 1,60 bis 2 Francs pro Kilogramm; wird das Kilogramm Stickstoff nur mit 1,50 Francs berechnet, so ergiebt sich als Werth des im Jahre dem Boden zugeführten Stickstoffes 52,50 Francs. In gleicher Weise werden aber dem Boden durch das Wasser noch andere werthvolle düngende Substanzen, wie Phosphorsäure und Kali, in nicht unbeträchtlichen Mengen zugeführt, deren Werth ebenfalls mit Berücksichtigung der Preise der künstlichen Düngemittel festgestellt werden kann. Wird überdies berücksichtigt, dass die Wirkung des Wassers nicht allein durch den Gehalt desselben an suspendirten und gelösten Mineralstoffen, sondern auch noch in anderer Weise, namentlich durch die directe Wasserzufuhr zum Zwecke des Ersatzes des durch Verdunstung entfernten Vegetationswassers erfolgt, so ist wohl einleuchtend, dass für den jährlichen Consum von 15 552 cbm (1 l pro Hektar und Secunde während 6 Monate) 60 Francs ein viel zu niedriger Preis ist.

---

*) Notions élémentaires théoriques et pratiques sur les irrigations par J. Charpentier de Cossigny, pag. 114; Paris 1874.

**) Expériences sur l'emploi des eaux dans les irrigations par M. Hervé Mangon, pag. 140; Paris 1869.

C.

DIE BEWÄSSERUNG GRÖSSERER GEBIETE.

---

a. Vorerhebungen.

Die Vorerhebungen für die Projecte grösserer Bewässerungsanlagen haben zunächst alle diejenigen Gesichtspunkte zu umfassen, welche Seite 294 als Erfordernisse der Vorerhebungen für Entwässerungsanlagen aufgeführt wurden. Jedoch sind einzelne der dort bezeichneten Erhebungen mit grösserer Ausführlichkeit zu behandeln, um für den vorliegenden Zweck verwerthbar zu sein. Nur diese sollen hier speciell erörtert werden, während im Uebrigen auf die angeführten Darlegungen Seite 294 bis 298 verwiesen wird.

1) Bodenuntersuchungen. Für die Vorstudien ausgedehnter Bewässerungsanlagen erscheint die Aufnahme einer hinlänglichen Anzahl von Bodenprofilen, welche die gesammte Vegetationsschicht (Ackerkrume und Untergrund) zu umfassen hat, dringend erforderlich, wo solche nicht bereits vorliegt. Ferner sind mechanische Analysen der Ackerkrume und des Untergrundes zur Bestimmung des Bodenskelettes und der abschlämmbaren Theile in solchem Umfange auszuführen, dass über die durchschnittliche Beschaffenheit des Bodens kein Zweifel obwalten kann. Bei sehr ausgedehnten Bewässerungsanlagen unter Verhältnissen, für welche noch keine Erfahrungen vorliegen, würde auch eine Reihe von chemischen Analysen über die Zusammensetzung des Bodens angezeigt erscheinen.

2) Wasserstände. Mit grösster Sorgfalt sind die Ermittlungen über die Wasserstände desjenigen Baches oder Flusses durchzuführen, welcher das Wasser für die Bewässerung zu liefern hat. Hierbei ist festzustellen, welche Wasserstände in den einzelnen Bewässerungsperioden vorkommen, welche durchschnittliche Dauer dieselben besitzen, welche Ausnahmen, wie häufig und in welchem Ausmasse diese eintreten. Die Wasserstände sind tabellarisch und graphisch darzustellen und zwar auf das nämliche

Niveau reducirt, welches für das Flächennivellement festgesetzt wurde. Hiernach ist zu untersuchen, ob und in welchen Zeiten den einzelnen Flächen verschiedener Höhenlagen das Wasser zugeführt werden kann, bezw. wann und wie häufig die Bewässerung in Folge zu niedrigen Wasserstandes unterbleiben muss.

Auch die Rechte Dritter an das Wasser sind einer sorgfältigen Prüfung zu unterziehen und ist namentlich zu ermitteln, ob bestehende Rechte durch die Ableitung des Wassers bezw. in wie weit dieselben hierdurch verletzt werden.

Ferner ist durch Wasserstandsmessungen in dem Recipienten zur Aufnahme des benutzten Wassers festzustellen, ob die Abwässerung stets mit Sicherheit erfolgen kann oder ob zeitweise bezw. wie lange in Folge Mangel an Vorfluth diese unterbrochen wird.

3) Wasserqualität. Während bei kleineren Anlagen die Qualität des Wassers nach äusseren Zeichen (vergl. Seite 496) zu beurtheilen ist, erfordern ausgedehnte Projecte analytische Untersuchungen über die Zusammensetzung der im Wasser suspendirten und gelösten Stoffe.

Derartige Untersuchungen haben jedoch nur in dem Falle einen zuverlässigen Werth, dass sie in den verschiedenen Jahreszeiten, bei verschiedenen Wasserständen und aus verschiedenen Höhen im Wasserlaufe entnommen, angestellt werden. Nicht minder wichtig sind genaue Untersuchungen über die durchschnittliche Temperatur des zur Bewässerung zu verwendenden Wassers, verglichen mit derjenigen der Luft und des Bodens, welche Beobachtungen gleichfalls in den verschiedenen Jahres- und Tageszeiten vorzunehmen sind.

4) Nivellement. Für die speciellen Vorarbeiten ist stets ein Flächennivellement erforderlich. Die Entfernung der Netzpunkte ist nach der Oberflächen-Beschaffenheit und dem anzuwendenden Bewässerungssysteme festzusetzen: bei ebenem Terrain sowie einfacher Art der Bewässerung, z. B. Stauanlagen oder natürlichem Hangbau, können die Netzpunkte in grösserer Entfernung angenommen werden als bei coupirtem Terrain und bei Bewässerungssystemen mit complicirterer Erdbewegung, wie dem Kunstbau oder dem Etagen-Rückenbau (siehe unten.) Für Arbeiten auf hügeligem Terrain sind in der Karte Schichtenlinien einzutragen, welche aus dem nivellistischen Netze oder durch directe Aufnahme zu construiren sind. Die Hauptzüge der Be- und Entwässerungscanäle, soweit dieselben bei der Terrainaufnahme bereits feststehen bezw. in Aussicht genommen sind, werden gleichfalls nivellistisch bestimmt.

Für generelle Vorarbeiten werden in der Regel keine Flächennivellements durchgeführt; es wird nur die Höhenlage einzelner Linien bestimmt, aus welcher mit Rücksicht auf die Wasserstände im Bache oder Flusse die Möglichkeit der Bewässerung und der Ableitung des Wassers festgestellt werden kann.

Alle übrigen Untersuchungen, namentlich den Grundwasserstand be-

treffend, sind nach den Angaben Seite 296, jedoch in möglichst erschöpfender Weise, durchzuführen.

5) Ermittlung des voraussichtlichen Erfolges. Um die Zweckmässigkeit einer Bewässerungsanlage festzustellen, muss der voraussichtliche Nutzen derselben, und zwar sowohl der Mehrertrag pro Flächeneinheit als auch die Vermehrung des Bodenwerthes durch die Melioration, ermittelt werden. Die zu erwartenden Mehrerträge sind durch erfahrene landwirthschaftliche Sachverständige zu schätzen, wobei als Unterlage am besten die Erfolge von in der Nachbarschaft vorhandenen ähnlichen Anlagen zu dienen haben. Anzunehmen, dass in Ländern nördlich der Alpen eine Bewässerung denselben Ertrag liefern könne wie z. B. in der Lombardei, selbst bei sehr ähnlichen Verhältnissen von Boden und Wasserqualität, ist durchaus unzulässig und würde in der Folge zu den ärgsten Täuschungen führen. Die günstigeren klimatischen Verhältnisse, ferner die nicht hoch genug anzuschlagende günstigere Lichteinwirkung in der Lombardei, ebenso der dort unzweifelhaft bessere, weil durch langjährige Uebung gefestigte Betrieb der Bewässerungsanlagen, sind die Ursachen, dass dort die Ernteerträge stets höher ausfallen müssen als bei ähnlichen Anlagen in unseren Breiten.

Die zu erwartenden Mehrerträge sind für die einzelnen Abtheilungen der Bewässerungsanlage mit Rücksicht auf ihre Bodenbeschaffenheit, ferner auf das für diese zur Verfügung stehende Wasserquantum sowie auf die Bewässerungszeiten zu schätzen und danach das durchschnittliche Mehrerträgniss pro Flächeneinheit (Hektar) zu berechnen.

Die jährlich aufzuwendenden Kosten bestehen in der Verzinsung des Anlagecapitales, der Amortisationsquote für die baulichen Anlagen und den Kosten der Unterhaltung. Werden diese, auf das Hektar reducirt, von dem Werthe des durchschnittlichen Mehrerträgnisses abgezogen, so erhält man den thatsächlichen Gewinn pro Hektar, wonach sich durch Capitalisirung desselben die Vermehrung des Grundwerthes für das Hektar sowie für die gesammte Anlage berechnen lässt.

Beispiel. Hess berechnete den voraussichtlichen Erfolg der Be- und Entwässerung der Niederungen in den Aemtern Bruchhausen, Syke und Thedinghausen (vergl. die Schrift: Die Melioration der in den Preussischen Aemtern Bruchhausen und Syke u. s. w. belegenen Niederungen; Hannover 1878) wie folgt:

Der Gesammtnutzen der eine Fläche von 7425 ha umfassenden Melioration ergiebt sich auf Grund des Gutachtens der landwirthschaftlichen Sachverständigen wie folgt:

A.	Jährlicher Gewinn aus der zu bewirkenden Entwässerung und aus der düngenden Bewässerung	322 572 M.
B.	Jährlicher Nutzen der anfeuchtenden Bewässerung . . .	95 850 „
C.	Jährlicher Gewinn aus dem Schutze vor unzeitigen Sommerüberfluthungen	13 452 „
	Jährlicher Gesammtgewinn aus der Be- und Entwässerungsanlage	431 874 M.

Demnach ergiebt sich eine Erhöhung des jährlichen Reinertrages pro Hektar um 58,16 M.

Die Gesammtkosten der Anlage, welche sich auf eine Fläche von 7250 ha vertheilen (indem von der obigen Fläche Wege und Wasserzüge in Abzug kommen), wurden auf 3 186 000 M veranschlagt, also pro Hektar auf 439,45 M. Die jährlichen Unterhaltungskosten, bestehend in Gehältern für 1 Canalinspector, 2 Canalaufseher, 16 Wärter, von denen die Hälfte nur während der Zeit der Bewässerung und Räumung beschäftigt wird, für die polizeiliche Ueberwachung, endlich die Unterhaltung der Anlagen, welche nach Erfahrungen an ähnlichen Anlagen mit 4 M pro Hektar angenommen wurden, betragen 48 000 M. Demnach sind aufzuwenden:

Für Verzinsung des Anlagecapitales von 3 186 000 M zu 5 %	159 300 M.
„ Unterhaltung	48 000 „
Zusammen jährlich	207 300 M.

oder auf 1 Hektar 28,6 M.

Es beträgt demnach der thatsächliche Gewinn für das Hektar 58,16 — 28,60 = 29,56 M. Bei 4 %iger Verzinsung ist mithin die Vermehrung des Grundwerthes pro Hektar auf 29,5 × 25 = 737,5 M oder im Ganzen für 7250 ha die Vergrösserung des nationalen Capitales zu 5 346 875 M zu veranschlagen.

Vergl. auch die Rentabilitätsberechnung einer Anlage mit künstlicher Wasserhebung Seite 526.

b. Der Bewässerungs-Hauptcanal.

Der Hauptcanal einer Bewässerungsanlage muss in derartiger Höhe über dem Bewässerungsgebiete gehalten werden, dass er dasselbe vollständig beherrscht. Bei der Tracirung ist zu berücksichtigen, dass aufgedämmte Strecken so viel wie möglich, namentlich in durchlassendem Boden, zu vermeiden sind, da dieselben schwierig zu dichten, ferner erheblich kostspieliger sind als eingeschnittene Strecken. Sie nehmen auch mehr Terrain in Anspruch als letztere. Zuweilen ist es erforderlich bezw. zweckmässig, den Hauptcanal nach mehreren Richtungen zu verzweigen, z. B. bei muldenförmigem Terrain, bei welchem die Trace längs der beiden Hänge zu legen ist. Die Abwässerung erfolgt hierbei nach dem Thalwege hin.

Nach Feststellung der Trace ist zunächst der Wasserspiegel und das Längenprofil zu bestimmen. Ersterer wird nach den Wasserständen im Flusse oder Bache und der Höhenlage des Terrains festgesetzt. Das Längengefälle wird namentlich mit Rücksicht auf die zulässige Geschwindigkeit des Wassers bestimmt. Dieselbe muss eine derartige sein, dass weder ein Absetzen der Sinkstoffe noch ein Angriff auf die Sohle und Böschungen stattfindet (vergl. Seite 55). Abgesehen von diesen Gesichtspunkten ist zu berücksichtigen, dass der Canal mit schwachem Gefälle eine höhere Lage erhält, mithin ein grösseres Gebiet bewässern kann als ein solcher mit starkem Gefälle. Dagegen besitzt ersterer den Nachtheil,

dass die Querprofile für gleiche Consumtion weiter sein müssen, wodurch die Anlagekosten des Canales nebst den zugehörigen Kunstbauten vergrössert werden. Auch kann unter Umständen die höhere Wasserspannung Nachtheile mit sich führen, z. B. das Durchsickern des Wassers veranlassen und eine Dichtung des Canales nothwendig machen.

Die Bestimmung der Querprofile erfolgt bei gegebenem Längengefälle mit Rücksicht auf die zu fördernde Wassermenge. Wird der Canal oberhalb des Bewässerungsgebietes aus dem Flusse abgezweigt, so bleibt das Profil bis zu diesem constant, falls nicht das Längengefälle wechselt; hierauf findet eine Verringerung der Sohlenbreite und Wassertiefe nach Massgabe der verminderten Consumtion statt. Die Böschungen richten sich nach der Bodenbeschaffenheit und sind in der Regel 1½- bis 2fach anzulegen; für die mit Rasen zu sichernden äusseren Dammböschungen genügt je nach dem Material eine 1 bis 1½fache Anlage. Jedoch ist man zuweilen auch in der Lage, die äusseren Dammböschungen mit sehr schwacher Anlage als bewässerbare Hänge anzuordnen.

Bei stärkerem Gefälle in der Tracenrichtung, als für den Canal zulässig, wird dieser durch Stauschleusen in eine entsprechende Anzahl von Haltungen zerlegt und jeder einzelnen das dem Querprofile und der Consumtion entsprechende Längengefälle gegeben. Hierdurch ist die Möglichkeit geboten, den Canal gleichzeitig für Bewässerung und Entwässerung zu benutzen, indem das abgerieselte Wasser unterhalb der Abstürze wieder in den Canal zurückgeleitet wird. Unter Umständen und zwar bei hinlänglichem Terraingefälle und geeignetem Wasser kann auch ein nach diesem Systeme in einzelne Haltungen getheilter, in erster Linie für die Entwässerung eines versumpften Gebietes bestimmter Canal das Wasser zur Bewässerung tiefer liegender Flächen abgeben; jedoch wird auch in diesem Falle eine zweckmässige Bewässerung in der Regel erst ermöglicht sein, wenn dem Canale noch direct Wasser in hinlänglicher Menge aus einem Flusse zugeführt werden kann.

Gestattet es die Höhenlage einzelner Flächen, deren Bewässerung erwünscht ist, nicht, dieselbe aus dem Canale zu bewässern, so lässt sich zuweilen durch Einschaltung einer künstlichen Wasserhebung an den Abstürzen die Speisung der höheren Zweigcanäle ermöglichen. Zu diesem Zwecke eignen sich am besten Turbinenanlagen, welche in Verbindung mit Pumpwerken das erforderliche Wasserquantum auf die Höhe des Zweigcanales heben.

Während in Betreff der mechanischen Wasserhebung auf die Seite 517 dargelegten Gesichtspunkte verwiesen werden kann, soll hier ein specielles Beispiel der Wasserhebung aus einem Canale in einen höher gelegenen erwähnt werden. Eine derartige Anlage ist in neuester Zeit bei C i g l i a n o in Piemont ausgeführt worden, um ein Hochplateau zu bewässern. In unmittelbarer Nähe desselben laufen drei Canäle und zwar als höchster der Canal d'Ivrea, 20 m tiefer der Canal von Cigliano und wiederum 6,5 m tiefer der Canal Rotto. Das Aufschlagwasser, 9 cbm pro Secunde, wird dem mittleren

Canale von Cigliano entnommen, treibt 4 Partialturbinen, System Girard, mit liegender Welle und innerer Beaufschlagung und wird durch den Canal Rotto, neben welchem das Maschinenhaus angelegt ist, abgeführt. Jede Turbine setzt mittelst Kurbeln 2 Kolbenpumpen in Bewegung, welche pro Secunde 1,2 cbm Wasser aus dem Canal von Ivrea 22 m hoch auf das Plateau heben, wo dasselbe von einem Bewässerungscanale aufgenommen wird. Die Pumpen stehen 20 m unter dem Canal von Ivrea; das Wasser fällt in einem Rohre von 1,2 m Weite erst bis zu den Pumpen herab, theilt sich in die einzelnen Saugrohre der Pumpen, vereinigt sich wieder in dem Druckrohre von gleichem Durchmesser und wird alsdann 42 m hoch gefördert. Saug- und Druck-Windkessel sollen den Pumpenbetrieb vor Stössen sichern. Die Hauptmasse sind: Durchmesser der Turbinen aussen 4,1 m, innen 3,3 m, Breite derselben 0,9 m. Durchmesser der Pumpencylinder 0,6 m, Hub 1,1 m, Anzahl der minutlichen Hübe 30. Die gesammte Anlage soll 1 Millionen Lire gekostet haben.

Die wichtigsten, an den Bewässerungscanälen vorkommenden Bauwerke sind die Einlassschleuse, welche die Verbindung des Canales mit dem Flusse herstellt, ferner Stauschleusen, falls der Canal mit Abstürzen versehen ist oder überhaupt das Wasser zeitweise hoch gehalten werden muss, kleinere Schleusen an den Abzweigungen der Bewässerungscanäle und -Gräben zweiter Ordnung, deren Sohle in der Regel in derselben Höhe oder, um eine Einleitung von Sinkstoffen möglichst zu verhindern, etwas höher als die Canalsohle gelegt wird. Von anderen Bauwerken kommen namentlich in Verwendung Brücken, Unterleitungen und Aquaducte. Ueber die Construction dieser Bauwerke ist das Erforderliche bereits im zweiten Abschnitte mitgetheilt worden.

In Betreff der Ausführung ist zu erwähnen, dass für sehr ausgedehnte Anlagen, also für Canäle, welche grossen Districten das Wasser zuführen, durchweg der solideste Bau, also der Massivbau, für Unterleitungen auch die Verwendung eiserner Röhren angezeigt erscheint. Für Bewässerungsanlagen von minderer Bedeutung ist der Massivbau auch stets für diejenigen Bauwerke anzuwenden, bei welchen Schäden unter allen Umständen vermieden werden müssen, wenn nicht ernste Gefahren für die benachbarte Gegend entstehen sollen. Es gilt dies speciell von den Einlassschleusen, welche den Eintritt des Wassers aus eingedeichten Flüssen in den Canal reguliren und für Unterleitungen, mittelst welcher natürliche Wasserläufe mit dem Canale gekreuzt werden. Im Uebrigen erscheint aber ein billigerer, jedoch solider Holzbau für viele Constructionen empfehlenswerth, da die Kosten desselben zumeist erheblich niedriger sind als diejenigen des Massivbaus. Auch können oft durch zweckmässige Verwendung des Eisens wesentliche Ersparungen an den Baukosten erzielt werden. Sehr treffend bemerkt Hess *) über diese

---

*) Die Melioration der in den Preussischen Aemtern Bruchhausen und Syke und im Braunschweigischen Amtsgerichtsbezirk Thedinghausen belegenen Niederungen, Seite 42; Hannover 1878.

Frage bei Behandlung eines Meliorationsobjectes in der Ausdehnung von 7250 ha:

„Wenn nach etwa dreissig Jahren eine nachfolgende Generation, welche so lange die Wohlthaten der Melioration genossen hat, an die Hauptreparaturen oder Neubauten herantritt, dann stehen derselben durch die ersparten Zinsen die Kosten eines neuen Baucapitales zur Verfügung und wird dieselbe sich alsdann die Frage, ob Holz- oder Massivbau, abermals vorzulegen haben."

c. Beispiele grösserer Bewässerungscanäle.

Die grossartigsten Bewässerungscanäle existiren in Indien (Ganges-Canal, Westlicher und Oestlicher Jamna-Canal, Bari Doab-Canal). Ueberdies besteht dort eine grosse Anzahl kleinerer Canäle, deren Bewässerungsgebiet erheblich grösser ist als dasjenige der angeführten 4 grossen Canäle. Als Beispiel soll hier nur

der Ganges-Canal näher besprochen werden, als der grösste aller zur Zeit bestehenden Bewässerungscanäle. Derselbe ist schiffbar; er wird jedoch nur für kleinere Fahrzeuge und zum Flössen von Bau- und Brennholz benutzt.

Die Ableitung dieses Canales aus dem Ganges befindet sich etwa 4 km von der als Wallfahrtsort bekannten heiligen Stadt Hardwar. Auf den ersten 30 km seiner Trace kreuzt der Canal drei Wildbäche, von denen einer mittelst Unterleitung und zwei durch Aquaducte passirt werden. Hierauf überschreitet der Canal mittelst eines Aquaductes von 280 m Länge den Solani-Fluss. Der Aquaduct wird von 15 Bogen mit je 15 m Spannweite getragen; die aufgeschütteten Dämme zu beiden Seiten desselben besitzen eine Länge von 4,8 km und beim Anschlusse an den Brückencanal 10 m Höhe. Nach dieser Kreuzung verfolgt der Hauptcanal die Wasserscheide zwischen dem Ganges und der Jamna bis zu dem Orte Nanun, 290 km lang, und zweigt eine grössere Anzahl von Seitencanälen ab. Bei Nanun theilt sich der Hauptcanal; der östliche Zweig mündet bei Etawah, 270 km von Nanun, in die Jamna, während der westliche Zweig von der gleichen Länge bei Khanpur in den Ganges einmündet. Die Abmessungen der Profile sind auf den einzelnen Strecken sehr verschieden und verringern sich dieselben allmählig. Zu Anfang beträgt die Breite des Canales an der Sohle 43 m und im Wasserspiegel 60 m, die Wassertiefe 3 m und das Gefälle 0,28 pro Mille. Im Jahre 1870 führte derselbe pro Secunde 142 cbm Wasser, von welchen 90 Procent ausgenutzt wurden. Die Länge des Hauptcanales beträgt 830 km, die der Zweigcanäle 216 km; die Länge sämmtlicher kleiner Vertheilungscanäle betrug in dem Bewässerungsjahre 1872/73 5164 km. Die Grösse der bewässerten Fläche erreichte im Jahre 1868—69 ihr Maximum; sie betrug 430 000 ha.

Die hauptsächlichsten der Bewässerung unterworfenen Culturen sind Reis, Zuckerrohr, Baumwolle, Farbepflanzen, wie Indigo, Saflor, Oelsaaten wie Sesam, Senf, Leinsamen, Droguen und Gewürze, Cerealien, Hülsenfrüchte und Futterpflanzen. Zumeist wird das Wasser in Furchen eingestaut; bei der Reiscultur findet dagegen, wie in Italien, eine vollständige Ueberstauung statt. Vielfach muss das Wasser zum Zwecke der Aufbringung auf die Felder mittelst der einfachen, seit Jahrhunderten im Lande üblichen Hebewerke

(Seite 519) gehoben werden. Weizen, welcher Ende October angebaut und Anfang April geerntet wird, erfordert fünf Bewässerungen; die erste, um das Land für den Pflug vorzubereiten, mit 750 cbm pro Hektar, die vier folgenden während der Wachsthumsperiode mit je 560 cbm, so dass jedes Hektar Weizen in Summa 2990 cbm Wasser consumirt. Reis wird zehnmal mit einem Gesammtverbrauche von 22000 cbm pro Hektar bewässert.

Die Kosten für den Bau des Ganges-Canales betrugen bis zum Jahre 1873 2605178 Pfund Sterling und zwar specificiren sich dieselben in den Hauptposten wie folgt:

Bau des Hauptcanales mit den Abzweigungen . . .	1727668	Pf. St.
Kleinere Zweigcanäle	460072	„ „
Gebäude für die Direction und Administration . .	309535	„ „
Diverses, als Werkzeug, Anpflanzungen, Verluste etc.	107903	„ „
Zusammen	2605178	Pf. St.

Der Bau erfolgte gänzlich auf Staatskosten; würde man die Zinsen während der Bauperiode hinzurechnen, so würden sich die Kosten des Canales nahezu doppelt so hoch stellen als diese Summe.

Die Einnahmen bestehen zunächst in der Wasserrente, deren Höhe nach einer bestimmten, häufig wechselnden Taxe von der Grösse der bewässerten Fläche und der Art der angebauten Pflanzen abhängig ist. Diese Taxen sind in den verschiedenen Provinzen nicht gleich; für die nordwestlichen, also für den Ganges- und Oestlichen Jamna-Canal, betragen dieselben seit 1868:

		Shilling	Pence
I.	Für Zuckerpflanzungen, pro Acre*) und Jahr	10	—
II.	Für Gärten, Baumschulen, Grasland, Reis, Droguenpflanzen, pro Acre und Ernte . . .	6	—
III.	Für Indigo, Baumwolle, Tabak, Weizen, Hafer, pro Acre und Ernte	4	6
IV.	Für Gerste, Hülsenfrüchte, Hirse, Mais, Saflor, Oelsaaten, pro Acre und Ernte	3	4

Muss der Grundbesitzer das Wasser künstlich anheben, so hat er nur ⅔ der Taxe zu zahlen.

Anderweitige Einnahmen sind für das Wasserschöpfen zum Tränken des Viehes, für den Mühlenbetrieb, die Grasnutzung an den Ufern, das Flössen von Holz sowie schliesslich die Strafen für Uebertretungen der Canalordnung. Bei dem Ganges-Canale sind diese Nebeneinnahmen im Vergleiche zur Wasserrente unbedeutend; das Wasser zum Viehtränken kostet pro Jahr für 100 Stück Rindvieh 12 Shilling, für 100 Schafe oder Ziegen 4 Shilling. Die Schifffahrtstaxe beträgt pro Boot und Monat 9 Shilling, für Flösse pro hundert Cubikfuss (2,8 cbm) bei Nutzholz ¼ bis ⅛ Penny je nach der Art des Holzes, für Brennholz pro 1000 Cubikfuss (28 cbm) ½ Penny.

Die Gesammteinnahmen betrugen im Jahre 1872—73 . .	186660	Pf. St.
Die Ausgaben	98871	„ „
Bleibt Gewinn	87789	Pf. St

*) 1 Acre = 0,405 ha.

Mit Rücksicht auf die Anlagekosten des Canales in Höhe von 2 605 178 Pf. St. verzinste sich demnach das Capital mit 3,4 Procent.

Weit günstiger stellt sich der Gewinn bei den beiden Jamna-Canälen, welche nur umgebaut wurden und deren Kosten, soweit dieselben von der englischen Regierung getragen wurden, bis zum Jahre 1873 bezw. 311 693 und 206 177 Pf. St. betrugen. Die Einnahmen stellten sich im Jahre 1872—73 auf bezw. 132 618 und 68 561 Pf. St., die Ausgaben auf 40 118 und 21 918 Pf. St., so dass das aufgewendete Capital sich mit 31 bezw. 22,7 Procent verzinste.

Der bedeutendste italienische Bewässerungscanal ist

der Cavour-Canal zur Bewässerung einer Fläche von 120 000 ha am linken Po-Ufer zwischen Chivasso und dem Ticino. Der Canal zweigt bei genanntem Orte aus dem Po ab, welcher mittelst eines Wehres auf 2,5 m Wassertiefe gestaut wird. Die Einlassschleuse bei Chivasso ist ein massives Bauwerk mit drei Etagen; sie enthält 21 Oeffnungen von 1,5 m Breite und 2,2 m freier Höhe. Im oberen Geschosse befinden sich die Hebewerke zur Bedienung der Schützen. Diese Schleuse ist mit einer Entlastungsschleuse combinirt, um das überschüssige Wasser abzulassen. Der Canal überschreitet die Dora Baltea mittelst des in Fig. 144 (Seite 252) dargestellten Aquaductes und wird aus dieser mittelst eines kurzen Speisecanales noch mit Wasser versorgt. Die Anlage desselben erwies sich als nothwendig, damit der Canal das festgesetzte Wasserquantum von 110 cbm pro Secunde zuverlässig erhalte. Nach dem Passiren der Dora Baltea überschreitet der Canal eine grössere Anzahl von Bächen und Canälen, kreuzt die Eisenbahn von Turin nach Mailand und hierauf die Sesia mittelst einer Unterleitung, welche bereits in Fig. 151 und 152, Seite 256 dargestellt wurde. Unweit Novara zweigt sich ein südlich in die Lomellina führender Canal ab. Die Gesammtlänge des Cavour-Canales beträgt 82,2 km, die des Lomellina-Canales 28,2 km; das absolute Gefälle ist 21,73 m, also etwa 0,25 pro Mille. Die Breite des Canales, an der Sohle gemessen, nimmt von 40 m allmählig bis auf 7,50 m ab; die Böschungen sind einfache.

Die Bauwerke am Cavour-Canale bestehen aus 118 Brücken, 39 Brückencanälen, 197 Unterleitungen und 8 Ablassschleusen. Der Lomellina-Canal concentrirt einen Theil seines Gefällsüberschusses in zwei bei Novara angelegten Wehren mit 2,59 und 2,3 m Gefälle. Bei einer Consumtion dieses Zweigcanales von 28 cbm stehen somit an den Wehren 967 bezw. 843 (Roh-) Pferdekraft zur Verfügung (vergl. Seite 248).

Die Baukosten des Cavour-Canales stellten sich auf 102 Millionen Lire. Der ursprüngliche Tarif für die Wasserabgabe vom Jahre 1872, welcher jedoch demnächst erhöht werden soll, setzte Folgendes fest:

Haben die Zuleitungsgräben oder Canäle eine Länge unter 1 km oder wird das Wasser direct aus dem Cavour-Canale entnommen, so ist für die Sommerbewässerung pro italienischen Modulus zu 100 l in der Secunde (vergl. Seite 96) der Betrag von 3400 Lire zu zahlen. Haben die Canäle eine Länge von 1 bis 5 km, so beträgt der Preis pro Modulus 2600 Lire, und von 5 km an für diejenigen Canäle, welche seit 1868 angelegt sind, 1700 Lire.

Für die ersten Bewässerungen, welche grössere Wassermassen erfordern, wird ein Nachlass des Preises von 15 % gewährt; es werden jedoch nicht mehr als 2 l auf das Hektar abgegeben.

Für die Winterbewässerung beträgt der Preis 170 Lire pro Modulus. Bei der Benutzung des Wassers als Triebkraft sind 5 Lire pro Pferdekraft und Monat zu zahlen.

Die Einnahmen stellten sich in der ersten Zeit recht ungünstig, haben sich jedoch in dem Masse, wie das Wasser weitere Verwendung fand, immer mehr gehoben. Sie betrugen 1866 438000 Lire, 1870 885800 Lire, 1874 1800000 Lire und 1876 2600000 Lire. Die jährlichen Unterhaltungskosten des Cavour-Canales einschliesslich seiner Nebencanäle stellen sich auf 125400 Lire.

Der Canal wird vom Staate verwaltet, nachdem die ursprüngliche Gesellschaft sich im Jahre 1866 für insolvent erklärt hatte und die Vollendung des Baues von einem Ausschusse bewerkstelligt wurde, der zum Theil von der Regierung, zum Theil von den ursprünglichen Actionären gewählt wurde.

Im südlichen Frankreich befinden sich zahlreiche Bewässerungscanäle und zwar besonders in den Departements Vaucluse und Bouche du Rhône. Die beiden bedeutendsten derselben sollen hier aufgeführt werden.

Der Canal von Carpentras entnimmt sein Wasser der Durance bei Mérindol, passirt zahlreiche Strassen, Nebenflüsse der Durance und Canäle in Aquaducten, Siphons und Tunnels durch Felsen und mündet bei Travaillans in die Aigues. Eine grosse Zahl von Abzweigungen führt das Wasser auf die einzelnen Grundstücke. Die Gesammtlänge des Canales beträgt 83 km, die Sohlenbreite 8 bis 10 m; die Böschung ist zumeist 1½fach und die Wassertiefe bis Carpentras 1,50 m, unterhalb Carpentras 1,20 m. Das Gefälle ist, wie es bei einem am Höhenrande des Gebirges sich hinziehenden Canale nicht anders zu erwarten, sehr verschieden; dasselbe schwankt zwischen 0,25 und 1 ‰. Das geförderte Wasserquantum beträgt anfänglich 8,84 cbm und nimmt ab bis 2,43 cbm in der Secunde. Die zu bewässernde Fläche beträgt 16640 ha, die Länge der Zweigcanäle 32,7 km.

Der Bau des Canales begann im Jahre 1854 nach Bildung einer freiwilligen Genossenschaft der benachbarten Grundbesitzer; die Ausführung wurde durch ein Syndikat von 11 Personen geleitet, welches von den 11 Gemeinden, denen die Bewässerung zu Gute kommt, gewählt wurde. Der Staat gab eine Subvention von 400000 Francs, den Rest der Baukosten, welche im Ganzen 3600000 Francs betragen haben. Die Vertheilung der Kosten auf die Grundbesitzer geschah in folgender Weise: Die Beisteuer wurde pro Hektar auf 375 Francs festgesetzt, zahlbar in 16 Semestralraten, nämlich 6 während der Ausführung des Baus und die übrigen 10 nach Vollendung der Arbeiten; eine Classification der Grundstücke existirt nicht. Die Bauzeit wurde auf 3 Jahre festgesetzt. Ausserdem wurden 1700000 Francs durch eine Anleihe beschafft.

Der Canal du Verdon dient zur Zuleitung von Nutzwasser für die Stadt Aix (Bouche du Rhône) und zur Bewässerung von 6000 ha. Derselbe wird mittelst eines Stauwerkes von 11 m Höhe und 42 m Breite bei Quinson aus dem Verdon abgeleitet, passirt zunächst das Thal von Beaurivet mittelst eines von 10 Bogen getragenen Aquaductes von 95 m Länge, hierauf eine enge Felsschlucht von 11 km Länge, theils in Tunnels, theils in einem gemauerten Gerinne. Hierauf folgen die Tunnels bei Maurras in einer Länge von 4120 m und bei Ginasservis, 5150 m lang, und die Ueberschreitung des Thales von St. Paul mittelst des bereits Seite 251 besprochenen Siphons. Nach demselben

folgen ein Tunnel bei Rians, 425 m lang und nach mehreren kleineren zwe Tunnels bei Pierrefiche und St. Hippolyte von 3040 und 950 m Länge. Letzterer durchschneidet die Wasserscheide zwischen der Durance und dem Touloubre. Die Gesammtlänge des Hauptcanales beträgt 82 km, die der Zweigcanäle 150 km, das geförderte Wasserquantum 6 cbm pro Secunde. Die Wassertiefe des Canales beträgt 1,50 bis 2 m; letztere wurde in den Tunnels gewählt, um die Breite derselben reduciren zu können. Das Gefälle des Canales variirt zwischen 0,2 und 1 ‰; innerhalb der Tunnel beträgt dasselbe 0,8 bis 1 ‰. Die Breite ändert sich mit dem Gefälle und beträgt im Maximum, am Wasserspiegel gemessen, 8,50 m. Um den Canal dicht zu erhalten, musste eine Strecke von 21 km vollständig in Mauerwerk ausgeführt werden.

Ursprünglich wurden die Baukosten auf 8½ Millionen Francs veranschlagt, zu denen der Staat 1½ Millionen, das Departement 1 Million Francs Zuschuss geben sollten. Die Stadt Aix, welche die Concession des Canales erhielt, übertrug die Ausführung und Nutzung auf 99 Jahre der *General irrigation and water supply Company of France*, einer englischen Gesellschaft, welche bereits eine grössere Anzahl französischer Bewässerungscanäle gebaut hat. Die Gesellschaft erhielt ausser den Subventionen des Staates und Departements noch 1½ Millionen von der Stadt Aix, also im Ganzen 4 Millionen; den Rest musste sie selbst zuschiessen. Der Tarif des Wassers wurde im Vertrage fixirt und zwar auf 200 Francs für die Pferdekraft bei Triebwerken, auf 60 bis 70 Francs pro Liter für die Grundbesitzer, je nachdem die Vertheilungsgräben von diesen oder der Gesellschaft gebaut werden. Nach 99 Jahren fällt der Canal kostenfrei an die Stadt Aix.

Die ursprünglich veranschlagten Kosten sind jedoch in Folge mancher unvorhergesehener Schwierigkeiten erheblich überschritten worden; sie betrugen bis zum Jahre 1877 bereits 16 Millionen Francs; jedoch ist noch ein höherer Kostenaufwand erforderlich, um die Arbeiten fertig zu stellen.

In Deutschland bestehen nur wenige Bewässerungscanäle von erheblicher Ausdehnung, wenigstens im Vergleiche zu den bisher dargestellten Canälen; einer der bedeutendsten ist

der Bewässerungscanal der Boker Heide in Westfalen,*) dem Landstriche zwischen der Lippe und dem Haustenbache, etwa 32 km lang und 0,5 bis 1,5 km breit. Der Bewässerungscanal, welcher sein Wasser aus der Lippe entnimmt und dasselbe bei Lippstadt wieder zurückleitet, hat eine Länge von 32 km mit einem Gesammtgefälle von 25 m. Dasselbe ist derartig vertheilt, dass 11,40 m auf das Sohlengefälle des Canales und 13,60 m auf 16 Stauschleusen kommen. Die Anordnung der letzteren ist bereits in den Fig. 101—103 (Seite 213) dargestellt worden; sie haben die Aufgabe, das Wasser in der entsprechenden oberen Canalhaltung derartig anzuspannen, dass die aus derselben abgeleiteten Bewässerungscanäle das Terrain vollständig beherrschen. Die Entwässerungsgräben, sogenannte Rückleitungsgräben, leiten das Wasser in die nächstfolgende, unterhalb gelegene Canalstrecke, so

---

*) Ausführlich geschildert in dem Werke: Nachrichten über Landes-Meliorationen, insbesondere über die Melioration der Boker Heide von Wurffbain; Berlin 1856.

dass dasselbe immer wieder von Neuem für die Bewässerung verwendet werden kann und bei der nicht unbeträchtlichen Niveaudifferenz zwischen zwei auf einander folgenden Canalhaltungen eine sehr wirksame Entwässerung stattfindet. Der Canal hat eine Sohlenbreite von 5,65 m, zweifache Böschung und ein durchschnittliches Sohlengefälle von 0,2 bis 0,3 %₀₀. Der Fachbaum der Einlassschleuse liegt 0,21 m über der Sohle des Flusses. Der Wasserstand im Canale ist ein verschiedener und schwankt zwischen 0,73 und 1,57 m. Während der höchsten Fluthen der Lippe ist ein grosser Ueberfluss an Wasser vorhanden; derselbe verringert sich jedoch erheblich, sobald der Wasserstand im Flusse sinkt. Nach den Angaben Wurffbain's soll es möglich sein, während 82 Tagen im Jahre einen Wasserstand von 1,255 m und während 118 Tagen einen Wasserstand von durchschnittlich 0,84 m zu halten. Die bezw. Wassermengen wurden bei beiden Wasserständen auf 8,034 cbm und 3,844 cbm bestimmt. Die bei der Anlage des Canales für die Bewässerung in Aussicht genommene Fläche betrug 2550 ha. Jedoch zeigte sich, dass die Leitungsfähigkeit des Canales eine erheblich geringere als angenommen war, so dass die bewässerte Fläche selbst bei wiederholter Verwendung des Wassers auf etwa die Hälfte der ursprünglich projectirten eingeschränkt werden musste.*) Es kam auch noch hinzu, dass dem Flusse nicht so viel Wasser entnommen werden durfte, wie bei der Bemessung des Canales vorausgesetzt war, da andernfalls die auf der unteren Flussstrecke gelegenen Mühlen an Wassermangel leiden würden.

Das Wasser der Lippe ist sehr reich an düngenden Substanzen und führt namentlich eine grosse Menge fruchtbaren Schlickes mit sich, welcher sich auf dem ursprünglich armen Sande niederschlägt und so denselben verbessert. Es ist selbstverständlich, dass dieser den oberen Flächen in reichlicherem Masse zukommt als den unteren, wenn nicht dafür Sorge getragen wird, dass letzteren häufig frisches Wasser in hinlänglicher Menge zur Verfügung gestellt wird. Die angemessene Vertheilung desselben ist Sache des Canalinspectors; zur Entscheidung über etwaige Streitigkeiten besteht ein Schiedsgericht.

Das zum Societätsgebiete gehörige Areal, welches sich in Folge des Ausscheidens der Lippstädter Weidegrundstücke im Jahre 1871 auf 1275 ha ermässigt hatte und zur Zeit 1160 ha bewässerter Wiesen beträgt, bestand früher zu drei Fünfteln aus sandigem, oxydirtem, losem Heideboden und zu zwei Fünfteln aus nassem, sandig-moorigem Heideboden. Ersterer gewährte nur schlechtes Düngungsmaterial in Plaggen und beinahe gar keine Weide, während letzterer wegen der grossen Nässe und ungünstigen Lage nur im Stande war, Weidegräser der schlechtesten Art zu produciren. Derselbe Boden findet sich noch an den Grenzen des Societätsgebietes und wurde bei der Grundsteuer-Einschätzung im Jahre 1861 in die niedrigste Weideclasse eingeschätzt.

Gegenwärtig ist die ganze Fläche in Wiesen verwandelt, welche der regelmässigen Bewässerung unterliegen und bei den reichhaltigen Dungmitteln, die das Wasser der Lippe ihnen zuführt, die lohnendsten Erträge, bis zu 8000 kg Heu pro Hektar, gewähren. Vorzugsweise sind die Wiesen in den oberen, bei Delbrück belegenen Abtheilungen, welche das frische Wasser der Lippe erhalten, in den Erträgen lohnend.

---

*) Die Berechnung der Consumtion erfolgte nach der zur Zeit der Erbauung des Canales allgemein benutzten Eytelwein'schen Formel (Seite 59).

Die Corporation zur Melioration der Boker Heide constituirte sich im Jahre 1850 und wurde ihr ein verzinsliches Staatsdarlehn von 540000 M unter sehr vortheilhaften Bedingungen gewährt. Es stellte sich jedoch bald heraus, dass sämmtliche Haupt-Entwässerungsgräben und die Regulirung der Bäche auf gemeinschaftliche Kosten ausgeführt werden mussten, weil eine Einigung der einzelnen Betheiligten nicht durchzuführen war. Hierdurch steigerten sich die Ansprüche ungemein und musste deshalb noch eine Privatanleihe von 180000 M gemacht werden.

Die Baukosten betrugen:

Der Hauptcanal mit 16 Schleusen, 21 Brücken, 3 Aquaducten, mehreren Unterleitungen u. s. w.	360000 M
Die Haupt-Entwässerungsgräben	108000 „
Erwerb von 83,6 ha Bodenfläche zum Canalbau auf denjenigen Grundstücken, welche nicht zur Corporation gehörten	17400 „
Ein Zweigcanal von 2562 m Länge	18600 „
Kosten für Beschaffung einer besseren Vorfluth und Brückenbauten ausserhalb des Societätsgebietes	18000 „
Zusammen	522000 M.
Die jährliche Verzinsung und Amortisation wurde mit 5 Procent	26100 M,
die Kosten der Administration und Unterhaltung der Hauptanlagen mit	6900 „
Zusammen	33000 M

veranschlagt.

Die Resultate der Boker Heide-Melioration müssen als durchaus günstige bezeichnet werden, wenn auch, wie dies kaum jemals bei derartigen Anlagen ausbleibt, vereinzelte Stimmen dieser Thatsache die Anerkennung versagten. Es wurden 1160 ha früher beinahe ertraglose Grundstücke zu hohen Erträgen gebracht, wodurch sich der Werth des Bodens ausserordentlich gehoben hat. Während der frühere Verkaufswerth 240 bis 360 M pro ha betrug, ist derselbe jetzt auf 1200 bis 3000 M gestiegen, wobei freilich die Kosten der aufgewendeten localen Meliorationsarbeiten mit in Berücksichtigung zu ziehen sind. Es hat sich ferner der Viehstand und dadurch der Wohlstand nicht nur in den zum Genossenschaftsgebiete gehörigen Ortschaften, sondern auch in den benachbarten in beträchtlichem Masse gehoben, da in diesen letzteren, welche vordem an Futtermangel litten, das in den bewässerten Districten gewonnene Heu angekauft wird.

Anmerkung. Weiteres über Bewässerungscanäle in Deutschland, speciell einige sehr bedeutende Bewässerungsanlagen in Hannover betreffend, enthält die Schrift: Die Bewässerungsanlagen im südlichen Theile der Landrostei Lüneburg, insbesondere die Müden-Nienhöfer Melioration von Baurath Hess; Hannover 1883.

d. Die Detail-Bewässerung.

In den meisten Fällen sind die Bewässerungsunternehmungen auf ausgedehnten Gebieten genossenschaftliche Anlagen mit einer grossen Anzahl von Betheiligten, vorwiegend dem Stande der Kleingrundbesitzer angehörig. Häufig werden sich sogar mehrere in ihrer Organisation

unabhängig von einander bestehende Wassergenossenschaften zur Nutzung der Anlagen bilden, ein Fall, der namentlich eintritt, wenn der Hauptcanal mit seinen wichtigsten Ableitungen vom Staate oder einem Concessionär hergestellt wird.

In dem Statut der auf Grund des betreffenden Landesgesetzes gebildeten Wassergenossenschaft wird festgesetzt, welche Herstellungen auf genossenschaftlichem Wege und welche von den einzelnen Besitzern auszuführen sind. In der Regel übernimmt die Genossenschaft die Zuleitung des Wassers zu und die Ableitung desselben von den einzelnen Grundstücken, während es den einzelnen Besitzern überlassen bleibt, die Anlagen auf ihren Grundstücken selbst durchzuführen. In gleicher Weise obliegt der Genossenschaft die Unterhaltung und der Betrieb der Bewässerungsanlage, soweit diese genossenschaftlich durchgeführt ist, während die einzelnen Besitzer die Bewässerung ihrer Grundstücke nach Massgabe des ihnen zur Verfügung gestellten Wassers durchführen. Beschränkende Bestimmungen sind hierfür in der Regel nur in so fern getroffen, als dieselben keine Anlagen herstellen dürfen, welche der Genossenschaft Schaden verursachen könnten, wie sie überhaupt verpflichtet sind, den Anweisungen der Beauftragten der Genossenschaft in Hinsicht auf die Wassernutzung Folge zu leisten.

Diese Organisation gewährt den Vortheil, dass die Kosten der von der Genossenschaft durchzuführenden Arbeiten erheblich niedriger ausfallen, mithin leichter aufzubringen sind als wenn sämmtliche Arbeiten auf genossenschaftliche Kosten ausgeführt werden. Die den einzelnen Grundbesitzern obliegenden Herstellungen können je nach ihren Mitteln binnen kurzer Zeit oder allmählig fertig gestellt werden; die Besitzer können in den ersten Jahren die Hauptgräben und Rinnen ausführen und mit den Planirungsarbeiten successive vorgehen, so dass die Kosten selbst den Unbemittelten nicht unerschwinglich werden. In Gebieten, in denen die Bewässerung bereits heimisch geworden und der Werth derselben allseitig erkannt ist, zeigen sich bei der Durchführung der Detail-Arbeiten in der Regel keine Schwierigkeiten; vielmehr entsteht oft ein förmlicher Wetteifer unter den Mitgliedern der Genossenschaft, ihre Arbeiten so zweckmässig und so schnell auszuführen, wie es die Umstände zulassen.

Wo jedoch noch keine grössere Bewässerungsanlagen bestehen, stellen sich in der Regel der Durchführung der Detail-Arbeiten mancherlei Hindernisse entgegen, so dass die Vollendung und somit die volle Nutzung des Unternehmens zum Mindesten erheblich verzögert wird. Als Mittel zur Förderung der Arbeiten sind zu bezeichnen:

1) Das anzuwendende Bewässerungssystem muss ein möglichst einfaches, den natürlichen Verhältnissen angepasstes, demnach möglichst billiges sein. Die Unterhaltung und Handhabung des Systemes muss ein so einfaches sein, dass diese selbst den im Wässerungsbetriebe ungeübten Besitzern keine Schwierigkeiten darbieten.

2) Es müssen von Seiten der Genossenschafts-Leitung zweckmässige Musteranlagen hergestellt werden, welche den einzelnen Grundbesitzern die Vorzüge der Bewässerung, deren Betrieb und Erfolge vor Augen führen.

3) Die Projecte für die Detail-Ausführungen müssen von Seiten der Genossenschaft nach einheitlichem Plane bearbeitet und den einzelnen Besitzern zur Verfügung gestellt werden. Ebenso sind die Absteckungen der Gräben und der Erdarbeiten auf dem Terrain von der Genossenschaft zu bewerkstelligen.

4) Besonders unbemittelte Theilnehmer sind durch Vorschüsse in den Stand zu setzen, ihre localen Arbeiten durchzuführen.

In den meisten Fällen erscheint es erforderlich oder wenigstens empfehlenswerth, mit der Bewässerung eine angemessene Zusammenlegung der Grundstücke (Commassation) durchzuführen. Dieselbe soll die Lage der Parcellen auf Grund der nach technischen Rücksichten tracirten Gräben feststellen, so dass diese überall die Begrenzungen bilden, die Form der Grundstücke zweckmässig gestalten, durch Zusammenlegung mehrerer, einem Besitzer gehöriger Grundstücke deren Bewirthschaftung erleichtern, durch Anlage von vortheilhaft tracirten Wegen die Zugänglichkeit zu allen Grundstücken ermöglichen und endlich den Grunderwerb für die gemeinschaftlichen Anlagen, als Gräben und Wege, auf möglichst günstige Weise erwirken. Das letztere ist für genossenschaftliche Meliorationsanlagen von besonderer Wichtigkeit, da die Zusammenlegung den Grunderwerb wesentlich erleichtert. Zu dem Erfordernisse an Terrain müssen sämmtliche an dem Unternehmen Betheiligte im Verhältnisse ihres Besitzwerthes in der Weise beitragen, dass ihnen von ihren Grundstücken ein entsprechender Bruchtheil in Abzug gebracht wird. Es gewährt dies keine Schwierigkeiten, da die einzelnen Grundstücke durch die Zusammenlegung ihre Lage und Gestalt ändern.

Zum Schlusse dieses Abschnittes soll in dem Nachfolgenden die Anordnung der genossenschaftlichen Bewässerungsanlage in den Gemarkungen Achern, Grossweier und Fautenbach im Grossherzogthume Baden dargestellt werden, welche im Vereine mit der Correction des Acherflusses und der Zusammenlegung der Grundstücke zur Durchführung gebracht wurde.*) Fig. 300 und 301 (Seite 560 und 561) zeigen den alten und neuen Zustand der Anlage, während Fig. 302 (Seite 562) das Längenprofil des corrigirten Flusses darstellt.

Die Flusscorrection ergab sich in Folge des früher höchst unregelmässigen Laufes, der scharfen Krümmungen und des zur Aufnahme der Hochfluthen zu engen Profiles als nothwendig. Der Fluss trat häufig aus seinen Ufern und nahmen die Ausbrüche besonders in der etwa 2000 m langen Strecke zwischen der Eisenbahn bis zur sog. Schmierbrücke in Folge des starken

*) Jahresbericht des Grossh. badischen Handels-Ministeriums über seinen Geschäftskreis für das Jahr 1874; Karlsruhe 1875.

Gefälles und der Geschiebsführung einen gefährlichen Charakter an. Die Ufergelände wurden auf weite Strecken überschottert und mussten die Besitzer grosse Kosten aufwenden, um dieselben wieder in Cultur zu nehmen, soweit dies überhaupt möglich war. Die Correction erstreckte sich auf eine Länge von 1734 m, deren absolutes Gefälle 7,24 m beträgt. Zur Reduction dieses starken Gefälles von 1 : 240 und gleichzeitig für die Ableitung der Bewässerungsgräben wurden 3 Schleusenwehre mit Abstürzen von 0,45, 0,60 und 0,87 m in der Flussstrecke erbaut, so dass sich an den Wehren ein Gefälle von 1,92 m concentrirt. Das relative Gefälle in den einzelnen Flussstrecken verminderte sich hierdurch auf 1 : 323, 1 : 357, 1 : 417. Die Hochwassermenge wurde auf 67,5 cbm ermittelt und hiernach ein Normalprofil von 7,5 m Sohlenbreite, 3 m Tiefe mit $1\frac{1}{2}$ fachen Uferböschungen festgesetzt.

Die Schleusen wurden mit Rücksicht auf den gefährlichen Charakter der Hochwässer derartig angeordnet, dass die Schützen zu jeder Zeit leicht und sicher gezogen werden können. Die Gefällsverhältnisse der Strecke zwischen den Wehren machten die Verwendung von Sohlenbefestigungen erforderlich, zu welchen Faschinatschwellen in Entfernungen von 9 bis 15 m verwendet wurden.

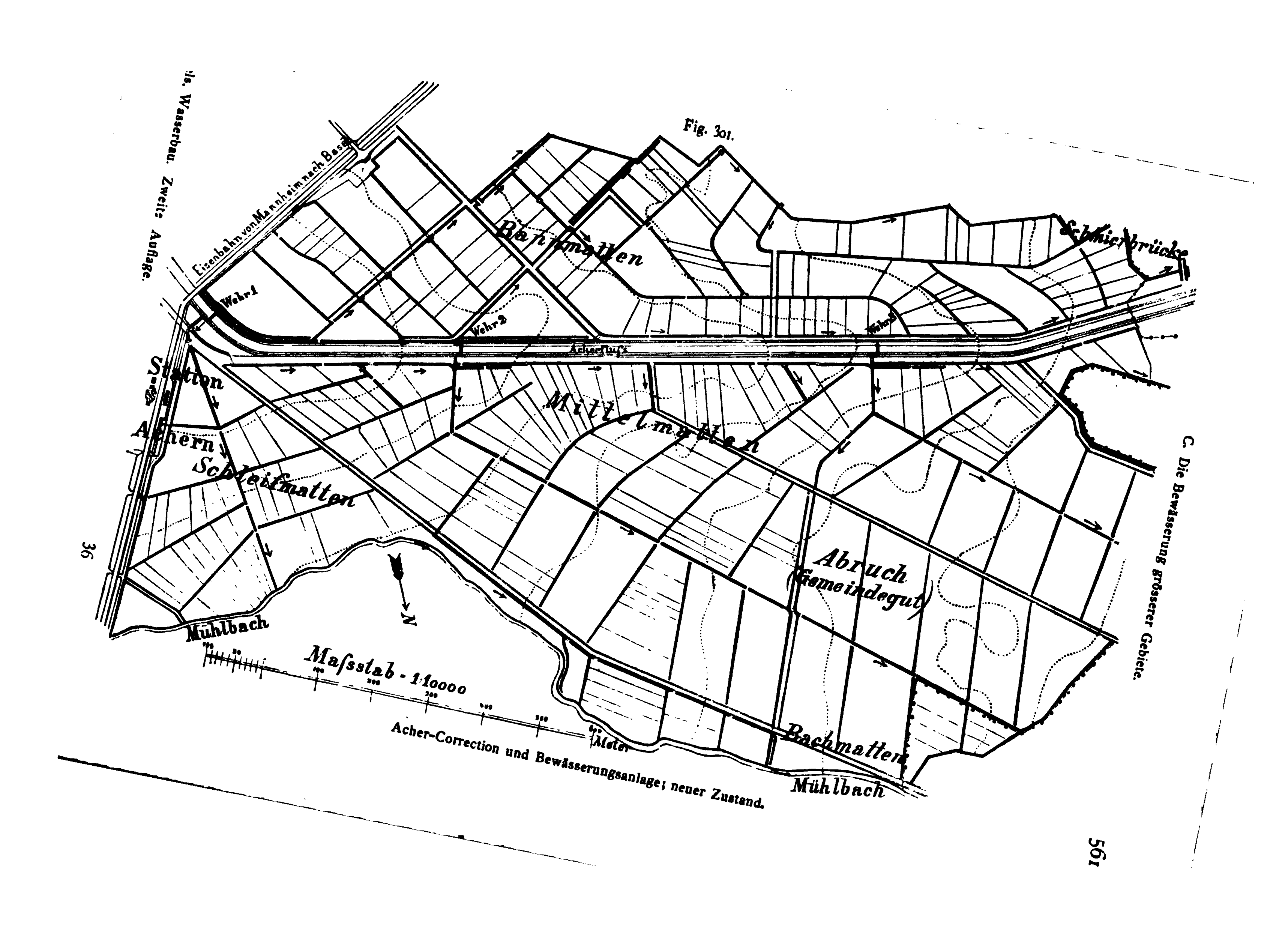
Die Bewässerungsanlage sollte sämmtlichen an dem Unternehmen betheiligten Grundstücken den gleichmässigen Wassergenuss verschaffen; die Grösse der zu bewässernden Fläche betrug 150,22 ha. Das Gefälle der Fläche ist, wie aus den eingezeichneten Schichtenlinien ersichtlich, kein gleichmässiges, sondern auf dem oberen Theile ein stärkeres als auf dem unteren. Bei der Wahl des Bewässerungssystemes entschied man sich für den Hangbau (siehe unten), da die Ueberstauung in Folge des theilweise schweren Untergrundes nicht angezeigt war und von Rückenanlagen wegen ihrer complicirteren Einrichtung und schwierigeren Behandlung abgesehen wurde. Es musste berücksichtigt werden, dass die Genossenschaft aus einer sehr grossen Anzahl von Betheiligten bestand, welcher Umstand ein möglichst einfaches, der Natur angepasstes, mit wenig Unterhaltungskosten verbundenes und leicht zu handhabendes Bewässerungssystem bedingte. Die Genossenschaft hatte nur die gemeinsamen Anlagen, als Gräben und Schleusen, herzustellen, während die Detaileinrichtung den Betheiligten überlassen blieb. Das gewählte System beruht auf dem Principe, dass von den die Richtung des stärksten Gefälles verfolgenden Zuleitungsgräben nach beiden Seiten Horizontalrinnen abzweigen, deren jede dem oberhalb liegenden Grundstücke als Abzugs- und dem unterhalb liegenden als Wässerungsrinne dient. Erweist sich bei diesem Systeme im Falle stärkeren Wasserzuflusses die Entwässerung als nicht genügend, so wird beim Wässern immer eine Abtheilung übersprungen, so dass die zweite, vierte, sechste u. s. w. Horizontalrinne zeitweise lediglich zur Entwässerung, die erste, dritte, fünfte u. s. w. dagegen nur als Bewässerungsrinne dient. Die sämmtlichen Grundstücke grenzen an zwei gegenüber liegende Seiten an Horizontalrinnen. Die Unterschlagskanten derselben werden fortwährend nach dem Wasserspiegel regulirt, damit das Wasser gleichmässig auf der ganzen Fläche austrete. Da die Rinnen so weit wie möglich den Horizontalen des Terrains folgen, so wurden die Kosten für Planirungsarbeiten auf ein Minimum reducirt.

Die Entfernung der Horizontalrinnen von einander beträgt 60 bis 120 m, ihre grösste Länge bei Speisung von einer Seite her 210 m. Bei diesen

Fig. 300.

Acher-Correction und Bewässerungsanlage; alter Zustand.

Fig. 301.

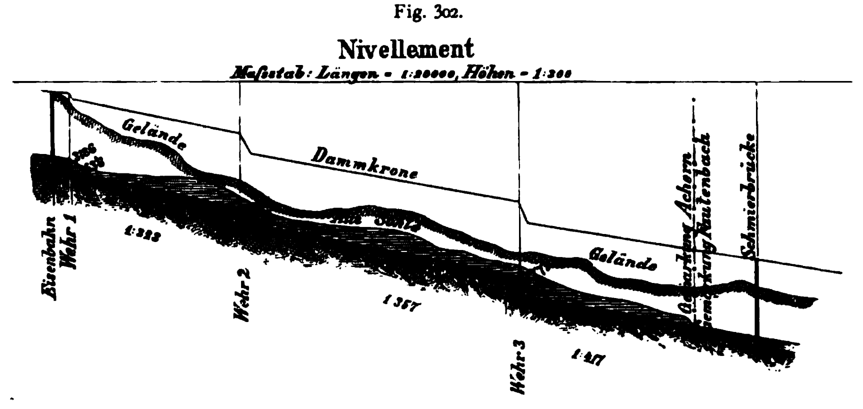


Acher-Correction und Bewässerungsanlage; neuer Zustand.

Abmessungen wird eine Bewässerungsabtheilung durchschnittlich 150, höchstens 250 a gross. Das den Abtheilungen zukommende natürliche Gefälle schwankt zwischen 0,1 und 1 m.

Zum Zwecke der gemeinsamen Benutzung und Unterhaltung der Anlage wurden die Betheiligten zu einer Genossenschaft unter dem Namen „Acherwässerungs-Genossenschaft" vereinigt. Für dieselbe wurde eine Wässerungsordnung erlassen, welche die inneren Verhältnisse der Genossenschaft regelt und das Nöthige für Benutzung und Unterhaltung der Anlage vorschreibt. Für die Bedienung der Anlage ist ein Wiesenwärter angestellt, welchem die Zuleitung des Wassers zu den Grundstücken vermittelst der

Fig. 302.



Acher-Correction; Längenprofil.

Schleusen und durch Regulirung der Ueberschlagskanten der Rinnen obliegt. Die Eigenthümer sind nicht berechtigt, an den Schleusen und den Ueberschlagskanten irgend etwas vorzunehmen. Denselben verbleibt vielmehr nur die Leitung und Vertheilung des Wassers innerhalb ihrer Grundstücke.

Zusammenlegung der Grundstücke. Dieselbe (in Baden Feldbereinigung genannt) wurde nach dem Grundsatze ausgeführt, dass zu dem für die Neuanlagen gebrachten Grundstück-Erfordernisse sämmtliche Betheiligten in der Weise beizutragen haben, dass ihnen von ihren Grundstücken ein gewisser Bruchtheil abgezogen wird. Es gestaltete sich dies in der Ausführung aus dem Grunde leicht, weil alle Grundstücke durch die Zusammenlegung eine neue Form und Lage erhielten. Ausserdem bezweckte dieselbe noch eine Verbesserung der Form der Grundstücke, die Einrichtung derselben nach Massgabe der Be- und Entwässerungsgräben, durch Schaffung von Wegen und Wegeservituten alle Grundstücke zugänglich zu machen und endlich durch Zusammenlegung mehrerer, einem Besitzer gehöriger Grundstücke die Bewirthschaftung zu erleichtern. Die Grösse der in Betracht kommenden Fläche beträgt 163,86 ha und zwar enthält dieselbe 13,64 ha gemeinsame Anlagen und 150,22 ha Eigenthumsfläche. Die Anzahl der Betheiligten beträgt 252, die Anzahl der Grundstücke vor der Zusammenlegung 374, nach derselben 296. Es entfielen somit durch die Zusammenlegung 78 Grundstücke oder 21 % der ursprünglichen Anzahl.

Die Zugänglichkeit der Grundstücke wurde durch die Anlage von Wiesen-wegen und Schaffung von Ueberfahrtsrechten erzielt. Es wurde der Grundsatz aufgestellt, dass jede Wässerabtheilung mindestens an dem einen Ende auf einen Wiesenweg stossen soll, während innerhalb der Abtheilung die Eigenthümer einander die Ueberfahrt über die Kopfenden der Grundstücke gestatten müssen. Hätte man dieses vermeiden wollen, so wäre hierzu ein sehr beträchtliches Geländeerforderniss nothwendig gewesen. Ueberdies ist zu berücksichtigen, dass bei einer Wiesenanlage die sonst mit den Wegerechten verbundenen Missstände sich kaum fühlbar machen, da die Beerntung der Grundstücke in die gleiche Zeit fällt und der Verkehr nur ein mässiger ist.

Kosten der Anlage:

I. Für die Flusscorrection . . . . 44 000 M
oder für das Hektar 293 M.

II. Für die Bewässerungsanlage . . . . . 38 500 M
oder für das Hektar 256 M.

III. Für die Zusammenlegung . . . . . . 3 100 M
oder für das Hektar 21 M.

Zusammen 85 600 M
oder für das Hektar im Ganzen 570 M.

D.

BEWÄSSERUNG VERSCHIEDENER CULTUREN.

a. Gärten.

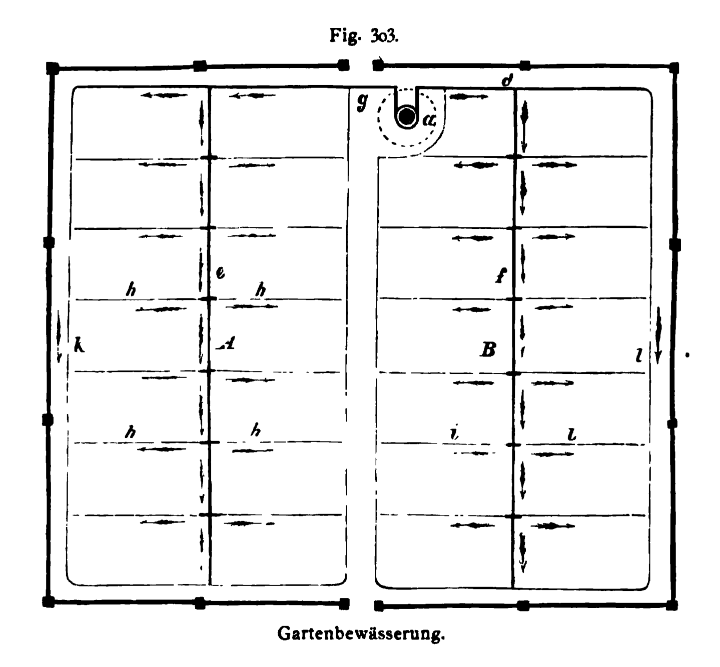
Die Bewässerung der Gemüsegärten zum Zwecke der Anfeuchtung ist in jedem Klima erforderlich und es sollte deshalb bereits bei der Anlage derselben stets auf die Möglichkeit einer geregelten Bewässerung Rücksicht genommen werden. Während dies in den südlichen Ländern immer der Fall ist, fehlen bei uns die zweckmässigen Einrichtungen zur Bewässerung noch vielfach, so dass sich die Kosten der erforderlichen Wasserzufuhr und die Wirkung des Wassers oft höchst ungünstig ergeben.

Die Anfeuchtung erfolgt entweder durch eine Furchenbewässerung nach der Seite 529 besprochenen Methode oder durch Einstauung in Gräben, welche die Beete begrenzen, oder endlich durch letzteres Verfahren im Vereine mit dem Bespritzen (Besprengen) der Oberfläche aus dem in den Gräben eingestauten Wasser. Letzteres Verfahren ist jedenfalls das zweckmässigste: Die Beete von 3 bis 4 m Breite sind von Gräben eingefasst, in welche das Wasser eingestaut wird. Oft befinden sich in denselben in Abständen von 4 bis 6 m kleine Bassins, in denen die Anstauung des Wassers durch eine transportable, aus einem Sandsacke mit Holzstiel bestehende Sperre bewerkstelligt wird. Aus diesen Bassins erfolgt das Bespritzen mittelst einer Wurfschaufel mit entsprechend langem Holzstiele. Ist diese Arbeit auf den beiderseitigen Beeten im Bereiche eines Bassins beendigt, so wird die Sperre unterhalb des nächsten, abwärts gelegenen Bassins angesetzt und aus diesem gewässert u. s. f. Das Anfeuchten muss in den Morgen- oder Abendstunden, niemals am Tage bei hellem Sonnenscheine, erfolgen und in einem gründlichen Durchnässen des Bodens bestehen. Wird nur die Oberfläche leicht bespritzt, so verkrustet sich dieselbe, so dass auch späteres reichliches Wässern den Wurzeln nicht die erforderliche Feuchtigkeit zuführt.

Die Beschaffung des Wassers geschieht in der Regel, falls keine oberirdische Leitung zur Verfügung steht, mit Hilfe eines Brunnens mit reichlichem Wasserzuflusse, dessen Vorhandensein die Vorbedingung für die Anlage des Gemüsegartens ist. Die Hebung des Wassers erfolgt zumeist durch einen Göpel und ein Hebewerk, bestehend entweder aus einem Schöpfbecher-Elevator oder aus einer Pumpe.

Fig. 303 zeigt die Methode der Bewässerung eines Gartens. Die Zeichnung stellt eine nahezu quadratische Fläche von 80 m Seitenlänge

Fig. 303.



Gartenbewässerung.

dar; das Gefälle ist ein nur schwaches in der Richtung der Rinnen *e* und *f*. Im Untergrunde ist eine wasserleitende Schicht vorhanden, welche den bei *a* abgeteuften Brunnen reichlich mit Wasser speist. Dasselbe wird mittelst eines Göpels und eines Schöpfbecher-Elevators angehoben und gelangt in ein, den Brunnen umgebendes, gemauertes Bassin, aus welchem es mittelst Rinnen den einzelnen Abtheilungen zugeführt wird. Zweckmässig ist es, wie in der Zeichnung dargestellt, den Garten in zwei Abtheilungen zu theilen, von denen jedes Jahr eine Abtheilung vollständig gedüngt wird, da einzelne Gattungen, wie die Kohlarten, Spinat, Sellerie, Gurken, Kürbisse, Tomaten, Endivien, Majoran u. s. w. frische Düngung verlangen, während andere, wie Möhren, Rettiche, Pastinake, Bohnen, Erbsen, Zwiebeln, frühe Tafelkartoffeln, nur in zweiter Tracht gedeihen. Beiden Abtheilungen *A* und *B* wird unabhängig von einander mit Hilfe des aus dem Bassin bei *a* gespeisten Grabens *d* und der die

beiden Flächen mitten durchschneidenden Gräben *e* und *f* das zur Bewässerung erforderliche Wasser zugeführt. Der Graben *d* wird mittelst eines Siphons unter den die beiden Abtheilungen trennenden Weg *g* hindurchgeführt. Von den Gräben *e* und *f* zweigen sich wiederum im rechten Winkel die Rinnen *h* und *i* ab, welche die Flächen *A* und *B* in kleinere Parcellen zerlegen. Da das Terrain nur in der Richtung von oben nach unten einen schwachen Fall besitzt, in der Querrichtung dagegen horizontal liegt, so konnten die Rinnen *h* und *i* mit Hilfe einer geringen Erdbewegung von der Mitte aus nach beiden Richtungen das erforderliche Gefälle erhalten, wie es die Pfeile andeuten.

Die kleineren Parcellen werden je nach den betreffenden Culturen entweder durch Furchenbewässerung oder durch Ueberspritzen mittelst der Wurfschaufel bewässert und die betreffenden Leitungen jedesmal bei der Anlage der Culturen hergestellt. Die beiden Gräben *k* und *l*, längs den Umfassungsmauern des Gartens geführt, dienen zur Bewässerung der Beete an den Begrenzungen des Gartens, welche zum Anbau verschiedener Gewächse, hauptsächlich von Sträuchern, benutzt werden.

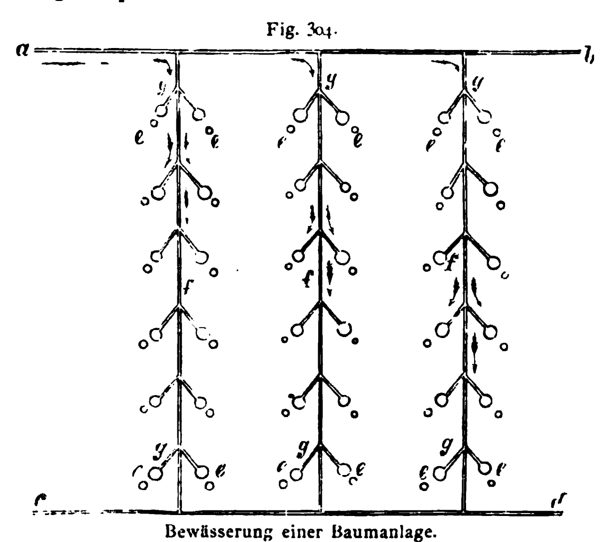
Das Bewässerungsnetz einer derartigen Anlage functionirt je nach Bedarf abwechselnd. Mittelst kleiner Staubretter, welche an den Abzweigungen der Gräben eingesetzt sind, ist der Gärtner im Stande, jeder Parcelle ganz nach Belieben das Wasser zuzuführen. Die Construction dieser kleinen Schleusen ist entweder nach Fig. 89 (Seite 205) angeordnet, oder es erfolgt die Sperrung mittelst Rasenstücke bezw. der bereits erwähnten Sandsäcke.

Wenn die Vertheilungsgräben der Gartenbewässerung in dem gewöhnlichen Erdreiche erstellt sind, so entstehen bei durchlassendem Boden in Folge des Versickerns des Wassers in den Untergrund zuweilen nicht unerhebliche Verluste. Aus diesem Grunde werden die permanenten Leitungen häufig in wasserdichtem Material hergestellt, zu welchem sich Cementrinnen, deren Stossenden etwas übergreifen und an einander gedichtet werden, am besten eignen. An einzelnen dieser Rinnen werden Ansatzstücke zur Ableitung der Zweigcanäle angegossen, so dass sich bei der Anlage der Leitungen keinerlei Schwierigkeiten ergeben. Zuweilen pflastert man auch nur die Sohle und die untere Seitenwandung der Rinnen mit einer Rollschicht von Ziegelsteinen ab und giesst die Fugen mit Cement aus. Auch bei dieser Anordnung werden die andernfalls durch Filtration entstehenden Wasserverluste erheblich vermindert. In gleicher Weise wurden wiederholt Hohlziegel oder Holzleitungen für den genannten Zweck in Anwendung gebracht.

Die Baumpflanzungen besitzen eine weit grössere Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit als die meisten kleineren Gewächse, da sie mit ihren tief gehenden Wurzeln leicht feuchte Schichten des Untergrundes erreichen können, zu denen flach wurzelnde Gewächse nicht gelangen. Aus diesem Grunde findet auch in südlichen Ländern nur selten eine geregelte Bewässerung der Baumanlagen statt. Diejenigen

Obstbäume, welche bereits im Frühjahre oder spätestens im Juni Früchte tragen, werden dort gewöhnlich nicht bewässert, da bis zu dieser Zeit der Boden immer noch die hinlängliche Feuchtigkeit besitzt. Nur solche Obstsorten, welche erst im Herbste reifen, bedürfen vom Juni an bis zur Ernte einiger Bewässerungen; es sind dies vornehmlich die Pfirsich-, Birnen- und Apfelbäume. Allgemein gilt als Regel, während der Blüthe-periode die Bäume nicht zu bewässern. Mandel- und Feigenbäume mit Ausnahme einiger spät reifender Sorten der letzteren werden im süd-

Fig. 304.



Bewässerung einer Baumanlage.

lichen Frankreich nicht gewässert. Die Olive widersteht der Trockenheit ganz vorzüglich und wird desshalb in der Provence nur höchst selten gewässert; in keinem Falle darf dies mit zu beträchtlichen Mengen erfolgen.

Die Bewässerungsanlagen eines mit Obstbäumen bepflanzten Gartens können in verschiedener Weise hergestellt werden; Fig. 304 giebt ein Beispiel derselben. Der Canal *a b* führt das Wasser der Fläche zu, *c d* nimmt das ablaufende Wasser auf. Zwischen der je zweiten Baumreihe *e e* ist eine Rinne *f* angelegt, welche aus dem Haupt-Zuleitungsgraben *a b* gespeist wird und mittelst kleiner Abzweigungen *g* jedem Baume das Wasser zuführt. Entweder ist, wie in Fig. 304 angegeben, dicht neben demselben eine runde, trogartige Vertiefung gegraben, in welcher das zugeleitete Wasser eingestaut wird, oder es wird rings um den Raum ein Graben gezogen und in diesen das Wasser eingeleitet. Letztere Methode ist die empfehlenswerthere, da das einsinkende Wasser leichter von den Wurzeln erreicht wird; man ist jedoch zuweilen genöthigt, den Graben in einem nicht unbeträchtlichen Abstande von dem Stamme anzulegen, wenn die Wurzeln sich dicht an der Oberfläche horizontal ausbreiten.

b. Getreide.

Die Getreidearten mit ihrer verhältnissmässig geringen Blattentwicklung, deren Oberfläche eine nur schwache Verdunstung des Vegetationswassers veranlasst, sowie mit einer grossen Menge vorwiegend trockener Körnerfrüchte bedürfen verhältnissmässig wenig Wasser zu ihrem Gedeihen. Dieselben zeigen demnach auch eine weit bessere Widerstandsfähigkeit gegen die Trockenheit als gegen eine übermässige Feuchtigkeit. Aus diesem Grunde erfolgt selbst in südlichen Ländern nur selten eine regelmässige Bewässerung des Getreides und findet der Anbau desselben häufig auf denjenigen Flächen statt, deren Bewässerung nicht oder nur mit erheblichen Schwierigkeiten zu bewerkstelligen ist.

Selbst wo eine Bewässerung des Getreides stattfindet, gilt als Regel, dass diese in der Blütheperiode und während der lebhafteren Ausbildung der Aehren sistirt wird. Dagegen wässert man während des ersten Keimens und zwar unmittelbar nach der Aussaat bis zur Entwicklung der Aehren. In denjenigen Ländern, in welchen eine Winterbewässerung üblich ist, beginnt man mit der Zuleitung des Wassers zu dem Wintergetreide im Herbste sogleich nach der Aussaat, namentlich, wenn das zur Verfügung stehende Wasser dem Boden dungreiche Substanzen zuführen kann. Im Winter sucht man alsdann mit Hilfe des Wassers eine möglichst constante Temperatur zu erhalten; im Frühjahre wird einmal kurz vor der Blüthezeit und nach dieser noch ein- bis zweimal gewässert. Im südlichen Frankreich wird das Getreide im Winter nicht bewässert, da man hierdurch bei eintretendem Froste, wie er sich zum Beginne des Frühjahres zuweilen einstellt, Schaden für die Pflanzen in Folge des künstlich angefeuchteten Bodens befürchtet.

Die Feldbestellung zur Bewässerung des Getreides erfolgt in Spanien und Algier nach Art des Furchenbaus, wobei das Wasser in den Furchen eingestaut wird. Zuweilen werden diese Furchen nach der Saatbestellung in grösseren Abständen und zwar etwa 5 m entfernt von einander gezogen und in diese das Wasser eingestaut. Ein ähnliches Verfahren wurde auch wiederholt bei der Bewässerung mit Cloakenwasser in England sowie mit den stickstoffreichen Abwässern von Fabriken im nördlichen Frankreich angewendet.

In Oberitalien werden die Flächen, welche je nach der Fruchtfolge mit Reis, Mais oder als Sommerwiese angebaut wurden, nahezu unverändert wie bei der Wiesencultur für Getreide hergerichtet. Die Fläche erhält zwischen der Be- und Entwässerungsrinne ein sehr geringes Gefälle und zwar oft nur 1 bis $1\frac{1}{2}$ ‰; der Abstand der beiden Rinnen ist sehr beträchtlich und beträgt auf grossen Besitzungen zuweilen bis 500 m. Die Rinnen sind in das Terrain eingeschnitten, jedoch beiderseits mit kleinen Dämmen eingefasst. Die Ackerfurchen werden in der Hangrichtung, also rechtwinklig zu den Rinnen gezogen. Soll bewässert werden, so wird

das Wasser aus dem Hauptgraben in die Bewässerungsrinne eingestaut und der Damm derselben an der nach abwärts gelegenen Seite an mehreren Stellen durchstochen. Das Wasser gelangt so in die Furchen und staut sich nach vollständiger Durchfeuchtung der Fläche an dem oberen Damme der Entwässerungsrinne. Alsdann folgt die Ableitung, zu welchem Zwecke die Zuleitung sistirt und letzterer Damm an so vielen Stellen durchstochen wird, dass das Wasser in die Rinne gelangen kann. Diese dient nunmehr als Bewässerungsrinne für die anschliessende, untere Fläche. Häufig findet übrigens die Anfeuchtung mit so geringen Wassermengen statt, dass das ganze Quantum im Boden versickert bezw. verdunstet, so dass keine Abwässerung erforderlich ist. Es ist jedoch ausdrücklich hervorzuheben, dass eine künstliche Anfeuchtung des Getreides nur ausnahmsweise und zwar in besonders trockenen Frühjahren für nothwendig erachtet wird.

c. Mais.

Der Mais bedarf zu seiner Entwicklung mehr Feuchtigkeit als die Getreidepflanzen; desshalb gilt es in wärmeren Ländern als Regel, denselben zu bewässern. Welcher Entwicklung der Mais fähig ist, ersieht man bereits in der Lombardei, wo oft auf reichem Boden das dungreiche Wasser der Canäle, zum Theil gemischt mit dem Abwasser der Städte, den Maisfeldern zugeführt wird. Hier erreichen die Pflanzen eine Höhe von 2,50 bis 3 m und zeigen eine Sicherheit im Ertrage, welche bei uns auch nicht annähernd erreicht wird. Die Bewässerung der Maispflanzen geschieht in der Weise, dass zwischen je zwei Reihen mit Hilfe des Häufelpfluges Furchen erstellt und diese zur Aufnahme des Wassers benutzt werden.

Wenn man die schweren Verluste berücksichtigt, welche der Maisertrag bei uns durch eine andauernde Dürre im Hochsommer erleidet und dagegen die Wirkung beobachtet, welche ausgiebige Niederschläge auf denselben üben, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass auch in unserem Klima eine Bewässerung des Mais in trockenen Zeiten von grösstem Einflusse auf die Sicherung und die Höhe des Ernteertrages sein muss.

Noch mehr gilt dies vom Grünmais, diesem überaus werthvollen Futtermittel, welches auch in nördlicheren Gegenden, in denen der Körnermais sich nicht mehr zur Reife entwickelt, vortrefflich gedeiht, vorausgesetzt, dass der Boden der saftreichen Pflanze die hinlängliche Feuchtigkeit zu liefern im Stande ist. Wo diese auf natürliche Weise nicht vorhanden ist, müsste eine künstliche Zuleitung erfolgen. Eine Einstauung des Wassers in Reihen wäre hier nicht zulässig, da die höchsten Erträge an Grünmais sich bei verhältnissmässig enger Stellung der Drillreihen ergeben. Es müsste demnach eine oberflächliche Berieselung der Maisfelder bewirkt werden, welche in der ersten Zeit nach dem Anbau einzuleiten wäre.

d. Lein.

Der Lein verlangt eine nicht unbeträchtliche Feuchtigkeit und eine mittlere Temperatur; sowohl Fröste wie zu starke Hitze sind demselben schädlich. Ist letztere zu beträchtlich (über 20° C.), so entwickeln sich die Blüthen und Samen auf Kosten der Fasern und erfolgt demnach die Ausbildung dieser nur höchst unvollkommen. Aus diesem Grunde bewässert man in Oberitalien den Lein kurz vor der Blüthe der Pflanzen mehrere Male, um durch die starke Verdunstung des aufgebrachten Wassers die Temperatur zu erniedrigen. Ausserdem findet dort eine Bewässerung in der Regel nicht statt, es sei denn, dass der Boden bei der Aussaat zu trocken ist. In diesem Falle wird demselben kurz vorher mittelst aufgeleiteten Wassers die nöthige Feuchtigkeit zugeführt. Unmittelbar nach der Aussaat würde durch das Wasser der Samen weggeschwemmt werden.

Die Beete, auf welchen der Lein angebaut wird, erhalten in Oberitalien bei einer Breite von 2 bis 3 m eine sehr sorgfältige Bearbeitung; die Zuleitung des Wassers erfolgt wie bei der Anfeuchtung des Getreides, indem das Wasser von einem Bewässerungsgraben aus in die Furchen tritt und von diesen die beiderseitigen Beete durchfeuchtet. Bei normaler Temperatur während der Vegetationsperiode ist eine 5- bis 6malige Anfeuchtung erforderlich.

In unserem Klima wird der Lein nicht bewässert; derselbe gedeiht am vorzüglichsten in Gegenden mit reichen Niederschlägen, z. B. in Gebirgsländern und in den fruchtbaren Niederungen an der Meeresküste. Eine Reduction der zu hohen Temperatur, welche in Italien als der Hauptzweck der Leinbewässerung angesehen wird, ist in der Regel nicht erforderlich.

e. Reis.

Der Reis bildet in vielen südlichen Ländern das wichtigste Nahrungsmittel der Bevölkerung; nach ungefähren Schätzungen ist derselbe das Haupt-Nahrungsmittel für die Hälfte aller Menschen. Für unser Klima besitzt derselbe als Culturpflanze keine Bedeutung, da er eine Wärmesumme von 4500° C. und eine mittlere Sommerwärme von 23° C. beansprucht. Der Umstand, dass der Reis eine Sumpfpflanze ist, die nur bei beständiger Feuchtigkeit zur Entwicklung gelangt, bedingt eine künstliche Bewässerung in denjenigen Fällen, in welchen der Boden nicht bereits auf natürliche Weise und in den erforderlichen Zeiten die Wasserzufuhr und hierauf die Trockenlegung erfährt. In Ostindien vornehmlich, in gleicher Weise aber auch in Oberitalien und in Portugal, wo der Reis in ausgedehntem Masse angebaut wird, findet demnach eine künstliche Zuleitung bezw. Ablassung des Wassers statt und zwar erstere stets durch Ueberstauung. Die Felder werden entweder derartig aus-

gewählt, dass das zugeleitete Wasser durch natürliche Umwallungen, wie z. B. Berglehnen, am Abfliessen verhindert ist, oder sie werden je nach Erfordern ganz oder theilweise mit kleinen Dämmen umgeben, deren Kronen genau horizontal abgeglichen werden. Es erfolgt dieses jedoch in der Regel erst nach Einleitung des Wassers, indem je nach den Unebenheiten der Felder die Dämme von entsprechender Höhe aufgetragen werden, so dass das Wasser überall 0,1 m hoch steht. Die Grösse der so gebildeten Bassins beträgt in Oberitalien 2 bis 3 ha. Nach dem Erweichen des Bodens mittelst Einleitung des Wassers, welche Ende März bis Mitte April erfolgt, wird der Boden gepflügt, geebnet und findet alsdann die Aussaat statt.

Zumeist ist die Anordnung getroffen, dass das Wasser von dem höchsten Bassin in weiter abwärts gelegene geleitet werden kann. Durch das Wasser werden die jungen Pflanzen in gleichmässiger Temperatur erhalten und gegen die Einflüsse der Luft und der Winde geschützt. Einige Wochen nach der Aussaat, nachdem die Pflanzen emporgekommen, wird das Wasser abgelassen, um zu verhüten, dass etwa eintretender Wellenschlag die Wurzeln derselben lockere. Bald darauf wird das Wasser wiederum eingeleitet und bleibt nunmehr bis zur Blütheperiode, welche gegen Ende Juli eintritt, auf den Feldern. Hierauf wird bis kurz vor der Ende September oder Anfang October stattfindenden Ernte das Wasser abwechselnd abgelassen und wieder erneuert.

Das wiederholte Ablassen des Wassers in dieser Periode hat namentlich den Zweck, die zahlreichen, im Wasser sich aufhaltenden Feinde der Reispflanze, namentlich Fische und Thiere anderer Art, zu vertilgen. Diese faulen, oft in dichten Haufen zusammenliegend, auf den Feldern und erzeugen die gefährlichen, mit dem Reisbau verbundenen Miasmen. Sie liefern aber gleichzeitig eine reiche Düngung für die nachfolgenden Früchte, so dass dieser Umstand, ferner der vollständige Niederschlag der Schlammtheile aus dem Wasser, der Grund ist, weshalb der Reis stets als die vorzüglichste Vorfrucht angesehen wird.

Das Wassererforderniss beim Reisbau ist ein höheres als für Sommerwiesen; die Menge richtet sich nach der Schwere des Bodens und steigt in dem Masse, wie der Boden durchlässiger ist. (Vergl. die Tabelle Seite 501). Sehr leichte Böden, in welchen das Wasser schnell versinkt, sind für die Reiscultur ungeeignet.

In der Lombardei bildet der Reisbau gewöhnlich einen Theil der Rotation; permanente Reiscultur findet nur auf niedrig gelegenen, versumpften Flächen statt, welche zum Anbau anderer Gewächse ungeeignet sind. Dies ist z. B. in einzelnen Gegenden zwischen Mantua und Verona der Fall, wo freilich die Erträge an Güte und Menge des Productes nur gering, aber in so fern von grossem Werthe sind, als sie es allein ermöglichen, dem Boden eine gesicherte Ernte abzugewinnen.

Die Reiscultur in Portugal weicht in einigen Punkten von der italienischen ab. Im Monat März oder April wird der Boden zu grosser

Tiefe bearbeitet und gewendet, alsdann in Reviere von 0,5 bis 1 ha eingetheilt, die vollständig geebnet und mit kleinen Dämmen von 1 m Breite in der Basis, 0,50 m Kronenbreite und 0,40 m Höhe umgeben werden. In diese leitet man das Wasser an einer Ecke ein und staut dasselbe auf eine Höhe von 0,10 m an. Die Ableitung erfolgt an der diagonal gegenüberliegenden Ecke in ein anschliessendes, tiefer gelegenes Revier. Alsdann wird der Reis, nachdem er einige Tage im Wasser erweicht wurde, ausgesäet und zwar wendet man 100 bis 150 l Saat pro Hektar an. Das von der Sonnenhitze erwärmte Wasser ist vortheilhafter als kaltes Wasser; demnach ist auch die Vegetation in denjenigen Revieren, welche den Quellen, die das Wasser liefern, zunächst liegen, eine schwächere als in den weiter folgenden.

Zur Einleitung der Bewässerung, d. h. um die erste Wasserschicht von 0,10 m zu geben, sind 1000 cbm Wasser erforderlich sowie weitere 900 cbm zur Durchtränkung des Bodens. Nach vollständiger Sättigung des Bodens und Einstauung des Wassers zu der erwähnten Höhe wird der tägliche Ersatz an Wasser theils zur Aufnahme durch die Pflanzen, theils zur Verdunstung und endlich zur Infiltration aufgebraucht. Das übrigbleibende erzeugt eine geringe Strömung in den Bassins, um das stagnirende Wasser durch frisches zu ersetzen. Im Durchschnitte rechnet man, dass für das Hektar ein täglicher Zufluss von 100 cbm, d. i. 1,2 l pro Hektar und Secunde, zur Erneuerung des Wassers erforderlich sind.

Um einen guten Ertrag aus der Reiscultur zu erzielen, muss das Wasser immer warm gehalten werden; desshalb darf die Erneuerung desselben nur derartig langsam geschehen, dass es nahezu stagnirt.

In den Reisfeldern entwickelt sich das Unkraut sehr stark, namentlich auf bereits erschöpftem Boden; um dasselbe zu beseitigen, muss im Mai, Juni und Juli ein monatlich ein- bis zweimaliges Ausjäten bewirkt werden, was durch Frauen und Kinder geschieht, ohne das Wasser abzulassen. Die Entwicklung der Aehren beginnt im Juni, die Reife tritt Ende August oder in den ersten Tagen des Septembers ein. Jetzt sistirt man die Zuleitung des Wassers und beginnt mit der Aberntung, wenn der Boden noch in schlammigem Zustande ist.

Der Ertrag der Reisernte beträgt pro Hektar 35 bis 45 hl Körner.

Ein schwerwiegender Uebelstand der Reiscultur ist, dass durch die Ausdünstungen aus dem stagnirenden Wasser die Luft verpestet wird und somit der Aufenthalt in der Nähe der Reisfelder ein im höchsten Grade ungesunder ist. Wer jemals Oberitalien im Hochsommer durchwandert hat, der hat auch die entsetzliche, Geist und Körper erschlaffende Sumpfluft eingeathmet, welche selbst auf beträchtliche Entfernung ein Reisfeld bezeichnet. Es ist unausbleiblich, dass sich Fieberkrankheiten einstellen, welche überaus gefahrbringend für die Bewohner der betreffenden Gegenden sind. Aus diesem Grunde wurde in früherer Zeit in Italien der Reisbau wiederholt gänzlich verboten: in der Folge begnügte man sich jedoch mit beschränkenden Verordnungen, die nament-

lich die Entfernungen festsetzen, in welchen der Anbau des Reis von den Städten verschiedener Grösse erfolgen darf. Die nachstehende Tabelle ergiebt z. B. diese Entfernungen in Metern für die Provinzen Novara, Mailand und Pavia:

Provinz	Einwohnerzahl über:						
	100 000	25 000	20 000	15 000	12 000	10 000	5000
Novara . . .	—	—	—	—	2400	—	1200
Mailand . . .	5000	—	—	2000	—	—	—
Pavia	—	3000	2400	1800	—	1200	—

E.

DIE WIESENBEWÄSSERUNG.

---

a. Einleitung.

Unter einer Wiese versteht man ein Grundstück mit einer auf natürlichem oder künstlichem Wege hervorgerufenen Vegetation von mähbaren Gras- und anderweitigen Futterpflanzen, welches nicht unter dem Pfluge gehalten wird und dazu dient, mittelst der gewonnenen Ernte das Vieh im Stalle zu ernähren. Dient dagegen das Grundstück zur unmittelbaren Aberntung durch den Zahn der Thiere, so führt dasselbe die Benennung: Weide, Anger, Trift oder Hutung. Diese Unterscheidung kann jedoch nicht immer streng aufrecht erhalten werden, da häufig auch Wiesen, welche vorwiegend zur Futtergewinnung mittelst der Sense dienen, beweidet werden, wie auch umgekehrt manche hauptsächlich als Weiden benutzten Grundstücke zeitweilig gemäht werden. Charakteristisch für die Weide ist die mehr geschlossene Grasnarbe und das Ueberwiegen der Bodengräser, während die vorwiegend als Wiesen benutzten Grundstücke eine lockere Grasnarbe und die mit höheren Halmen versehenen Obergräser tragen.

Wird ein Grundstück abwechselnd als Wiese und als Ackerland benutzt, so heisst dasselbe eine Wechselwiese (Egarten, Driesch- oder Dreeschland); werden auf demselben Gras- und Kleearten ein oder mehrere Jahre hindurch künstlich angebaut, so bezeichnet man es als Futterfeld, wenn die Ernte zur Stallfütterung benutzt wird, und als Feldweide, wenn das Grundstück unmittelbar vom Vieh abgeweidet wird.

Der Pflanzenwuchs der Wiese widersteht den mannigfaltigen Einflüssen der wechselnden Witterung, der Nässe und Dürre, den Angriffen schädlicher Insecten u. s. w. weit besser als die Vegetation des Ackerbodens und zwar hauptsächlich wegen seiner aus zahlreichen Pflanzenarten gebildeten Zusammensetzung, deren Lebensbedingungen sehr verschiedenartige sind. In Zeiten grosser Dürre, wo die Pflanzen aus der Classe der Gräser gefährdet werden, widerstehen in der Regel die Kleearten, deren tiefgehende Wurzeln immer noch dem Untergrunde

Feuchtigkeit entnehmen können; in gleicher Weise vertragen viele Wiesenpflanzen beträchtliche, selbst längere Zeit andauernde Feuchtigkeit, welche dem Getreide und den Knollengewächsen bereits verderblich wird. Der Ertrag der Wiese ist aus diesem Grunde ein sichererer als der des Ackerlandes und kommen gänzliche Missernten, welche bei letzterem aus den mannigfaltigsten Gründen eintreten können, äusserst selten vor.

Die Gräser und Kräuter der natürlichen Wiesen bilden in ihrer Zusammensetzung das vorzüglichste Futter der landwirthschaftlichen Hausthiere, welches in Folge der Mannigfaltigkeit der Gewächse durch künstlich angebautes, somit in der Regel nur wenige Pflanzenarten enthaltendes Futter niemals vollständig ersetzt werden kann: sie bilden also die Grundlage der Viehhaltung, und da der gewonnene Dünger in der Regel nicht oder nur in beschränktem Masse der Wiese wieder zugeführt, vielmehr dem Ackerboden gegeben wird, eine überaus wichtige Stütze des letzteren. Die mittlere procentische Zusammensetzung von Wiesengras, Heu und Grummet ist folgende*):

Art des Futtermittels	Trocken-substanz	Eiweiss-stoffe	Fett-substanz	Stickstoff-freie Ex-tractstoffe	Holzfaser	Aschen-gehalt
Wiesengras	28,1	3,1	0,8	12,1	10,0	2,1
Wiesenheu	85,7	8,5	3,0	38,3	29,3	6,6
Grummet.	85,0	9,5	3,1	42,3	23,5	6,6

Im Laufe der Zeit würde eine Wiese in ihrem Ertrage zurückgehen, wenn ihr nicht durch Zufuhr von Nährstoffen ein Ersatz für die durch die Ernte entnommenen Bestandtheile geboten wird. Falls nicht durch fortgesetzte Verwitterung der den Wiesenboden bildenden Gesteinstrümmer oder durch periodische Ueberschwemmungen die erforderliche Nährstoffmenge auf natürliche Weise geliefert wird, muss dieselbe künstlich zugeführt werden. Es wird dies erreicht entweder

1) durch Düngung mit animalischem Dünger, Compost oder künstlichen Düngemitteln; oder

2) durch systematische Bewässerung, welche der Wiese ausser dem zur Vegetation nothwendigen Wasser mittelst der in demselben suspendirten und gelösten Mineralstoffe die durch die vorangegangene Ernte entführten Stoffe wieder zuführt; oder endlich

3) durch Düngung und Bewässerung.

*) Die zweckmässigste Ernährung des Rindviehes von Dr. Jul. Kühn; Dresden.

Da in den meisten Wirthschaften der gesammte, zur Verfügung stehende Dünger für das Ackerland verwendet wird, so wird die Bewässerung als das wichtigste Mittel des Nährstoffersatzes für die Wiese angesehen; dasselbe bildet häufig das einzige Mittel zur dauernden Erhaltung derselben in ihrer Ertragsfähigkeit. Vielfach steht jedoch das Wasser nicht in derartiger Menge zur Verfügung, um ausgedehnte Wiesenflächen, wie sie für grosse Viehhaltungen erforderlich sind, hinreichend zu düngen. In diesen Fällen dürfte es angezeigt sein, bei der Anlage oder der Aenderung des Betriebes von Wiesenbewässerungen sorgfältig in Erwägung zu ziehen, ob dieser nicht mit Hilfe einer pro Flächeneinheit beschränkteren Zufuhr von Wasser, die nicht den vollen Ersatz für die durch die Ernte entführten Stoffe liefert, und einer Zugabe animalischen oder künstlichen Düngers rationeller durchgeführt werden kann. In Oberitalien, wo freilich eine Reihe der günstigsten Umstände zusammenkommt, um den Wiesenbau auf die höchst mögliche Stufe zu bringen, wird das Wasser niemals allein (mit Ausnahme derjenigen Fälle, wo ein sehr dungreiches Abwasser aus den Städten zur Verfügung steht) für den genannten Zweck benutzt, sondern es gilt dort die Regel: Je mehr Wasser verwendet wird, desto mehr Dünger ist erforderlich. Für unseren Wiesenbau gilt dagegen häufig der namentlich von Vincent vertretene Grundsatz:

> „dass bei einer zweckmässigen Berieselung das Material, welches zur Hervorbringung des Grases gedient hat und in der Heuernte weggeführt wurde, durch die im Wasser enthaltenen und durch dasselbe herbeigeführten Stoffe wieder ersetzt werden soll."

Man gelangt jedoch immer mehr zu der Erkenntniss, dass dieses Princip nicht für alle Verhältnisse als zweckmässig bezeichnet werden kann, wenn dasselbe auch bei reichlichem Zuflusse von dungreichem Wasser die Grundlage des Bewässerungssystemes bilden kann. Da aber diese Bedingung nur selten zutrifft, so wird es in vielen Fällen als rationell bezeichnet werden müssen, wenn, um die übrigen Vortheile der Bewässerung möglichst grossen Flächen zuwenden zu können, ausser den mit dem Wasser zugeleiteten Stoffen auch noch anderweitige Dungstoffe zu Hilfe genommen werden.

In welchem Verhältnisse dies zu thun sei, lässt sich, der Natur der Sache entsprechend, nicht durch allgemeine Regeln präcisiren; die localen Umstände, namentlich die klimatischen und Bodenverhältnisse, vergleichende Versuche und sorgfältige Berechnungen des Verhältnisses der Kosten zu den Reinerträgnissen müssen für jeden speciellen Fall über die Bewirthschaftungsweise der Wässerwiesen entscheiden.

Da wir es hier ausschliesslich mit der Technik der Wiesenbewässerung zu thun haben, so können diese eben angeführten Gesichtspunkte nur kurz angedeutet werden; ihre eingehende Behandlung ist Aufgabe des allgemeinen, speciell landwirthschaftlichen Theiles des Wiesenbaus, welcher von der Bewirthschaftung der Wiesen, ihren Beziehungen

zum Ackerlande, den Wiesenpflanzen, der Düngung der Wiesen und deren Beerntung handelt. Der technische Theil des Wiesenbaus beschäftigt sich dagegen mit der Anlage der Wasserleitungen zum Be- und Entwässern der Wiesen und dem Betriebe der Bewässerungsanlagen.

b. Der Boden.

Bei den hohen Kosten einer Wiesen-Bewässerungsanlage muss neben der Beurtheilung der Wasserverhältnisse mit besonderer Sorgfalt die Bodenbeschaffenheit geprüft werden, da diese im Vereine mit dem Wasser die Grundlage für die Rentabilität der Anlage bildet und, wie von vorn herein ersichtlich, nicht jeder Boden in gleicher Weise für die Bewässerung geeignet ist. Jedenfalls wird von der Beschaffenheit desselben in physikalischer und chemischer Hinsicht die Festsetzung des Bewässerungssystemes wesentlich abhängen, wesshalb hier mit kurzen Worten auf die Anforderungen eingegangen werden muss, welche an den Boden einer Wässerwiese zu stellen sind.

In Betreff der physikalischen Eigenschaften ist zunächst hervorzuheben, dass der Boden den Wiesenpflanzen einen sicheren Standort gewähren soll; derselbe darf also nicht zu locker und porös sein. Ein vorwiegend Kies enthaltender Boden ist zur Anlage der Wiese ungeeignet. Ferner muss die Anforderung gestellt werden, dass der Boden der Wärme und der Luft gut zugänglich sei; aus diesem Grunde würde sich auch ein dichter, wenig durchlassender Boden, z. B. ein schwerer Thonboden, nicht empfehlen.

Die chemische Zusammensetzung des Bodens betreffend, verlangen die Wiesenpflanzen einen nicht unbeträchtlichen Reichthum an mineralischen Bestandtheilen sowie an organischen Substanzen. Sobald einzelne zum Aufbau der Wiesenpflanzen nothwendigen Bestandtheile in dem Boden fehlen und nicht die Absicht oder die Möglichkeit vorliegt, dieselben durch künstliche Zufuhr, z. B. Düngung, Mergelung oder Wässerung mit einem gerade an den fehlenden Substanzen reichen Wasser aufzubringen, so können die Erträge niemals lohnende und nachhaltige werden.

Auch die physikalische Beschaffenheit des Untergrundes ist bei der Anlage einer Wässerwiese sorgfältig zu prüfen. Besteht derselbe aus einem stark durchlässigen Sande oder Schotter, welcher grosse Mengen Wasser gleichsam verschluckt, so wird die Bewässerung nur in dem Falle möglich sein, dass die Vegetationskrume eine besondere Mächtigkeit besitzt und in Folge ihrer dichteren Beschaffenheit eine zu schnelle Ableitung des Wassers verhütet. Giebt umgekehrt ein schwer durchlassender Untergrund Veranlassung zur Stagnation des Wassers, so dass der Boden leicht versumpft und erkältet wird, so kann eine erfolgreiche Bewässerung erst eingeleitet werden, nachdem für eine geregelte Ableitung des stauenden Wassers Sorge getragen ist. In diesem Falle muss zunächst ermittelt

werden, ob die Ableitung bezw. Senkung des Grundwassers möglich ist; andererseits muss aber die Einrichtung getroffen werden, dass durch die Entwässerungsanlage das Grundstück nicht zu trocken gelegt werde. Ein durchlassender Untergrund ist jedenfalls für die Wässerungswiese vortheilhafter als ein undurchlassender, da letzterer nur zu leicht, namentlich bei schwachem Terraingefälle, zu Versumpfung der Wiese Veranlassung giebt.

Von den verschiedenen Bodenarten eignet sich am vorzüglichsten der Lehmboden und zwar ein solcher mit einem mittleren Mischungsverhältnisse von Sand und Thon. Während ein vorwiegend aus Sand bestehender Boden zu durchlässig ist, so dass die mit dem Wasser zugeführten düngenden Stoffe leicht in den Untergrund geführt werden, ein vorwiegend aus Thontheilchen gebildeter Boden dagegen in Folge seiner schweren Durchdringlichkeit für das Wasser leicht an stauender Nässe und somit an Kälte leidet, bei zu grosser Nässe förmlich zerfliesst, bei Trockenheit oft steinhart wird, besitzt der Lehmboden in seinen verschiedenen Abstufungen diese beiden nachtheiligen Eigenschaften nicht. Er nimmt die Wärme leicht auf, hält dieselbe zurück, gewährt der Luft einen genügenden Zutritt, lässt das Wasser durch, ohne dass eine Stauung desselben veranlasst wird, besitzt eine beträchtliche Absorptionsfähigkeit für die mit dem Wasser zugeführten Pflanzennährstoffe und gewährt den Wiesenpflanzen einen sicheren Standort. Einige dieser günstigen Eigenschaften für die Anlage von Wiesen besitzen freilich auch gewisse Sand- und Thonböden; die erwähnten nachtheiligen Umstände herrschen jedoch zumeist derartig vor, dass der Erfolg der Anlage niemals ein so günstiger ist wie bei den Wiesenanlagen auf Lehmböden.

Wenig geeignet für solche ist der Kalkboden, weil derselbe an zu grosser Trockenheit leidet. Geeigneter ist dagegen der Lehm- und Thonmergelboden, d. h. derjenige Boden, welcher aus einem Gemische von Kalk, Sand und Thon besteht.

Der Humusboden besitzt in Folge seiner eigenthümlichen physikalischen Beschaffenheit und seiner chemischen Zusammensetzung in der Regel nicht die Eigenschaften, welche ein guter Wiesenboden erfordert. Die Theilchen desselben haben nur einen geringen Zusammenhang; er verdichtet grosse Mengen Wasser aus der Atmosphäre, hat eine sehr beträchtliche Wassercapacität (vgl. Seite 14) und friert leicht auf. Ferner zeigt derselbe häufig eine grosse Armuth an Mineralstoffen, dagegen einen Ueberschuss an schädlichen Säuren, welche sich in Folge der Absorption des Sauerstoffes durch den Humus bildeten (Humussäure, Quellsäure etc.). Diese nachtheiligen Eigenschaften des Humusbodens lassen sich häufig durch geeignete Melioration beseitigen oder wenigstens erheblich vermindern, namentlich durch Abgrabung, Ueberkarren mit Erde, Mergelung, reichliche Düngung mit mineralischen Stoffen, oberflächliches Bearbeiten, um der Luft einen besseren Zutritt zu gestatten und die modrigen Verbindungen durch höhere Oxydation unschädlich zu machen. Oft gelingt

es hierdurch, den Humusboden für die Anlage von Wässerwiesen vollständig geeignet zu machen, wenn derselbe auch niemals die hohe Ertragsfähigkeit des Lehmbodens erlangt.

c. Die Bewässerungssysteme.

Man unterscheidet die verschiedenen Wiesenbau-Systeme in natürlichen und Kunstwiesenbau. Unter Ersterem versteht man eine Anlage, bei welcher die natürliche Terrainformation dem Systeme zu Grunde gelegt, dieses der Gestaltung der Oberfläche sowie der Flächenbegrenzung angepasst und eine Regulirung der Oberfläche durch Ab- und Auftrag nur in beschränktem Masse vorgenommen wird. Dieses System findet mithin in dem Falle eine zweckmässige Verwendung, dass das erforderliche Gefälle bereits natürlich vorhanden ist und die Oberfläche keine grösseren Unebenheiten besitzt, welche zum Zwecke der gleichmässigen Leitung des Wassers ausgeglichen werden müssten. Es sind demnach nur die erforderlichen Gräben und Rinnen zur Zu- und Ableitung des Wassers und etwaige kleinere Planirungsarbeiten zu erstellen. Bei dem Kunstwiesenbau, welcher bei unebenen Flächen und für die Bewässerung unzweckmässigem natürlichem Gefälle erforderlich wird, findet dagegen eine vollständige Umarbeitung der Oberfläche sowie eine Neubildung der Rasendecke statt; das erforderliche Gefälle für die zweckmässigste Zu- und Ableitung des Wassers wird künstlich geschaffen. Das System des Kunstwiesenbaus ermöglicht demnach eine durchaus planmässige Zu- und Ableitung des Wassers zu den zu bewässernden Flächen, wobei sich freilich die Kosten der Anlage und deren Erhaltung weit höher ergeben als die des natürlichen Wiesenbaus. Dasselbe findet seine vornehmlichste Anwendung in der Lombardei, im Siegen'schen und in einzelnen Districten Hannovers. Nach dem Muster dieser Anlagen wurde der Kunstwiesenbau vielfach in anderen Gegenden ausgeführt, wobei sich jedoch die Erfolge selten so günstig herausgestellt haben wie dort. Es ist hierbei in Betracht zu ziehen, dass in den genannten Districten fast immer die sämmtlichen Factoren, welche den Erfolg der Wiesenbewässerung beeinflussen, die möglichst günstigen waren, so dass selbst bei den hohen Anlagekosten eine Garantie für die Rentabilität des Systemes gegeben war. Ein von Natur für den Wiesenbau fast prädestinirter Boden mit reichem Gehalte an Pflanzennährstoffen, gutes Wasser in hinreichender Menge, passendes Klima, eine fleissige und geschickte Bevölkerung, welche in traditioneller Weise und mit besonderer Vorliebe den Wiesen die sorgsamste Pflege zu Theil werden liess, bildeten die Vorbedingungen der in der Lombardei, im Siegener Lande u. s. w. bestehenden Kunstwiesen. Es kommt hierzu noch der Umstand, dass viele Kunstwiesen im Laufe einer Reihe von Jahren durch stetig fortgesetzte, systematische Verbesserungen allmählig aus natürlichen Wiesen in ihren jetzigen vollkommenen Zustand übergeführt wurden, so dass die Kosten der Anlage sich auf mehrere Jahre

vertheilten und demnach erst aufzubringen waren, wenn die Wiese bereits sichere Erträge lieferte; ferner der Werth des Futters und die Bedeutung der Viehzucht für die betreffenden Gegenden, die es häufig gestatteten, selbst verhältnissmässig hohe Kosten und zeitraubende Arbeiten aufzuwenden, um den Ertrag der Wiesen nach äusserster Möglichkeit zu steigern.

Der natürliche Wiesenbau sucht seine Erfolge nicht in der Herstellung regelmässiger Oberflächen-Figuren; nur die gröbsten sich der Bewegung des Wassers entgegensetzenden Hindernisse werden beseitigt und wird im Uebrigen das Grabensystem möglichst vollkommen der Formation des Terrains angepasst. Bei der Bemessung der Grösse der zu bewässernden Flächen sind in der Regel dieselben Grundsätze massgebend wie bei dem Kunstwiesenbau. Häufig ist man bestrebt, im Laufe der Zeit aus einer natürlichen Anlage eine Kunstwiese auszubilden, indem durch die alljährlich bei Gelegenheit der Instandsetzung der Gräben nothwendig werdenden Erdbewegungen die Leitungen und Gefällsverhältnisse immer mehr vervollkommnet werden. Es sollte dies jedoch stets nur so weit fortgesetzt werden, dass durch die späteren Erdbewegungen die Leitung des Wassers eine zweckmässigere wird, dasselbe sich gleichmässiger auf den Flächen vertheilt und zum Zwecke der Trockenlegung gründlicher abgeleitet werden kann. Niemals sollte der Umbau der Wiesenflächen lediglich dem Aussehen zu Liebe vorgenommen werden, ohne dass aus demselben nachweisbare Verbesserungen resultiren, weil andernfalls anstatt einer Kunstwiese nur eine zwecklose Künstelei hergestellt wird, welche bei sehr hohen Anlagekosten verhältnissmässig geringe Erträge liefert und kostspielige Arbeiten zur Instandhaltung erfordert.

Noch ein anderer, namentlich für ausgedehnte Wiesenanlagen wichtiger Umstand ist bei der Entscheidung über das System zu beachten und zwar die Art der Beerntung der Wiesen. Die Kunstwiese mit ihren verhältnissmässig kleinen Flächen und vielen Gräben erschwert die Benutzung der neueren Hilfsmittel zur Heuernte, der Grasmähemaschine, des Heurechens und Heuwenders, während die natürlichen Anlagen weit leichter die Benutzung dieser Maschinen gestatten. Auch die Abfuhr des Heus von den Kunstwiesen wird durch die vielen Gräben nicht unerheblich erschwert.

Die ausserordentlich hohen Kosten der Anlage von Kunstwiesen und die Schwierigkeit der Instandhaltung derselben müssen als eine wesentliche Ursache für die geringe Verbreitung der Wiesenbewässerungs-Anlagen bezeichnet werden. Eine Zeit lang verstand man, namentlich in Deutschland, unter solchen stets Anlagen nach Siegener Muster und wo diese unter weit ungünstigeren Verhältnissen als in ihrer ursprünglichen Heimath angelegt wurden, da konnte der Misserfolg nicht ausbleiben. Die Anlagen gingen nach kurzer Zeit wieder ein und dienten für weitere Kreise als warnende Beispiele, so dass in der Folge selbst

einfachere Systeme in den betreffenden Gegenden keinen Boden finden konnten.

In neuerer Zeit haben sich die Anschauungen über die Wahl des Wiesenbau-Systemes erheblich geklärt und zu der Erkenntniss geführt,

1) dass das Wesen der Wiesenbewässerung nicht in der Form der Oberflächen-Bearbeitung, sondern in einer rationellen Zu- und Ableitung des Wassers liege;

2) dass die Formen des natürlichen Wiesenbau-Systemes in der Regel anzuwenden seien, der Kunstwiesenbau dagegen nur in dem Falle, dass ersteres durchaus nicht angezeigt ist und ferner bei dem Zusammentreffen der günstigsten Umstände, d. h. bei sehr gutem, warmem, von Natur trocknem oder leicht zu entwässerndem Boden sowie bei zu allen Zeiten zur Verfügung stehenden grossen Mengen dungreichen Wassers, auf Flächen, welche keinen Ueberschwemmungen ausgesetzt sind, bei durchlassendem, also Versumpfungen zuverlässig verhütendem Boden und endlich in Gegenden, deren Bevölkerung die Garantie bietet, dass die mühsame Instandhaltung der Anlagen nicht ausser Acht gelassen werde. Der Betrieb der Kunstwiesen zeigt mancherlei Aehnlichkeit mit dem gärtnerischen Betriebe; er ist wie dieser, das Vorhandensein der angeführten Bedingungen vorausgesetzt, vorwiegend für kleinere Besitzungen geeignet. Der Grossgrundbesitz wird dagegen fast immer den natürlichen Wiesenbau zu verwenden haben, wenn der Erfolg ein nachhaltig befriedigender sein soll.

Wir unterscheiden folgende drei Systeme der Wiesenbewässerung:

1) die Stauwiesen;
2) die Rieselwiesen;
3) die drainirten Rieselwiesen.

Die Principien dieser drei Systeme sind bereits bei der allgemeinen Darstellung der Bewässerungssysteme (Seite 527 u. f.) erläutert worden, so dass wir hier nur noch die für die speciellen Wiesenanlagen massgebenden Verhältnisse zu besprechen haben.

1. Die Stauwiesen.

Während über die Einstauung des Wassers in Gräben bereits oben alles Erforderliche mitgetheilt wurde, sind den principiellen Erörterungen über die Ueberstauung (Seite 531) hier noch einige, speciell die Wiesenanlagen betreffenden Gesichtspunkte zuzufügen. Im Allgemeinen gilt es als Regel der modernen Wiesenbautechnik, die Bewässerung durch Rieselung zu bewerkstelligen, die Ueberstauung dagegen nur da einzuleiten, wo man zur passendsten Rieselzeit nicht über die gehörige Wasserzufuhr verfügen kann. Häufig liefert ein Bach im Sommer gar kein Wasser zur Bewässerung der Wiesen, während im Herbste und Frühjahre die genügende Menge vorhanden ist. Jedenfalls verdient die Stauanlage den Vorzug, wenn man die Aussicht hat, im Laufe der Zeit mit

Hilfe eines schlickreichen Wassers auf Schotter- oder Kiesboden eine Krume zu schaffen, oder wenn befürchtet werden muss, dass eine vorhandene, sehr schwache Bodenkrume durch Rieselung abgeschwemmt werde. Ueberdies muss auch das für die Melioration zur Verfügung stehende Capital über die Wahl des Systemes entscheiden. Die Kosten der Stauwiesen sind erheblich niedriger als die der Rieselwiesen, selbst wenn letztere in einfachster Weise ausgeführt werden. Es gelingt demnach häufig, durch die Anlage ersterer die ursprünglichen Erträge wesentlich zu heben, wo die Ausführung einer Bewässerungsanlage mittelst der freilich vollkommeneren Rieselung an den hohen Kosten scheitern würde.

Vorbedingung für die Anlage von Stauwiesen ist ein durchlassender Untergrund, damit das Wasser den Boden nicht nachhaltig auskälte, ferner die Möglichkeit, das auf die Fläche geleitete Wasser rechtzeitig ablassen zu können. Das Gefälle kann der zu bewässernden Fläche gänzlich fehlen. Unzweckmässig ist die Stauanlage auf Flächen mit einem Gefälle von mehr als 2 ‰, weil bei diesen die abwärts gelegenen Staudämme eine zu beträchtliche Höhe erhalten bezw. die Fläche durch Querdämme in zu viele einzelne Reviere zerlegt werden müsste. Vortheilhaft ist es, diese letzteren möglichst gross und in annähernd quadratischer Form herzustellen, um die Länge und dementsprechend die Kosten der Dämme möglichst zu reduciren. Ersteres bedingt selbstverständlich eine nahezu horizontale Lage der Staufläche.

Beträgt die Länge der Stauabtheilung in der Richtung des Gefälles 500 m, das Gefälle 1 ‰, so liegt der tiefste Punkt der Fläche 0,5 m niedriger als der höchste. Wird hier der Damm mit einer Kronenhöhe von 0,3 m erstellt, so müsste derselbe an der tiefsten Stelle eine Höhe von 0,8 m erhalten, was bei 0,75 bis 1 m Kronenbreite, 3 bis 4facher innerer und 1 bis 1½facher äusserer Böschung bereits ein sehr beträchtliches Bodenvolumen erfordert (1,9 bis 2,5 cbm pro Meter Dammlänge).

Die Vorzüge der Stauanlagen bestehen darin, dass die Wiesenpflanzen während der Ueberstauung gegen Frost gesichert sind, dass die dungreichen Schlicktheilchen bei längerer Zeit hindurch stagnirendem Wasser fast vollständig gewonnen werden, dass es hierdurch namentlich gelingt, im Laufe der Zeit einem unfruchtbaren Sand- oder Geröllboden eine hinlänglich mächtige Krume zu schaffen, ferner, dass durch die Aufschlickung Unebenheiten des Bodens allmählig beseitigt werden. Auch bewirkt die Ueberstauung eine vollständige Vertilgung der meisten schädlichen Thiere, wie der Mäuse, Engerlinge, Ameisen, wie auch manche schädliche Pflanzen, z. B. der Hauhechel, *ononis spinosa*, und das Heidekraut, *erica vulgaris*, durch das längere Zeit auf der Wiese stagnirende Wasser beseitigt werden. Endlich müssen als Vorzüge der Stauanlagen die im Verhältnisse zu den Rieselwiesen sehr geringen Anlage- und Unterhaltungskosten sowie die Einfachheit des Bewässerungsbetriebes bezeichnet werden, wodurch häufig die Bewässerung überhaupt

ermöglicht wird. Dies gilt namentlich in dem Falle, dass es sich um Bildung grösserer aus vielen Mitgliedern bestehender Bewässerungsgenossenschaften handelt und für Gegenden, in denen der Werth einer rationellen Bewässerung noch nicht überall anerkannt wurde.

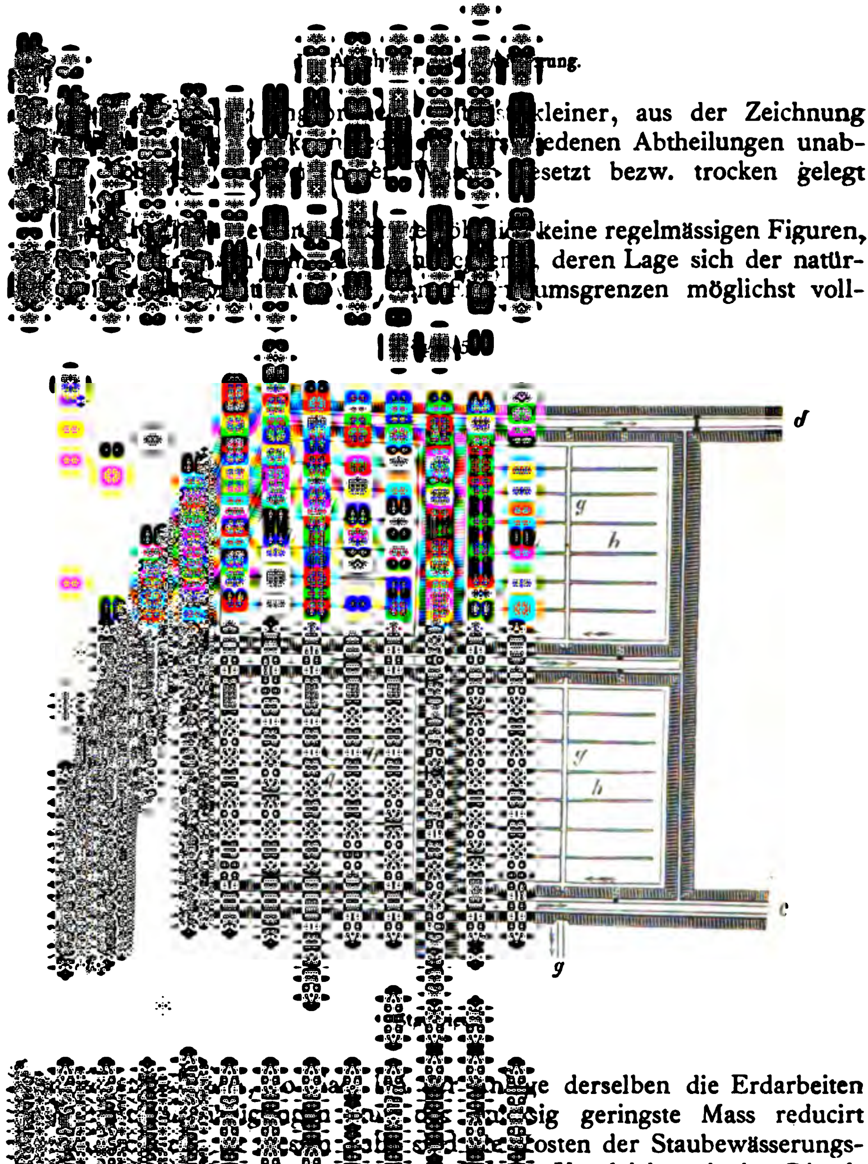
Diesen Vortheilen der Staubewässerung stehen jedoch mehrfache und nicht unerhebliche Nachtheile gegenüber: Durch eine längere Zeit andauernde Ueberstauung wird den Pflanzen der für ihr Gedeihen unentbehrliche Luftzutritt abgesperrt. Hierdurch leiden namentlich die besseren Wiesengräser, während sich saure Gräser und Sumpfpflanzen üppig entwickeln. Die Gräser verweichlichen überdies durch die schützende Wasserdecke und werden nach dem Ablassen des Wassers von etwa auftretenden Spätfrösten oft schwer geschädigt. Bei thonigem Untergrunde, auf welchem überhaupt, wie bereits erwähnt, die Anlage von Stauwiesen nicht angezeigt ist, würde eine erhebliche Erweichung und Erkältung des Bodens stattfinden. Die Ueberstauung ist ferner, sobald der Graswuchs einige Höhe erreicht hat, nicht ausführbar, da dieselbe eine Verschlämmung und somit eine Verminderung des Futterwerthes des Grases herbeiführt. Es kann demnach bei höherem Stande der Vegetation, das Vorhandensein des erforderlichen Wassers vorausgesetzt, nur eine Einstauung in den Gräben zum Zwecke der Anfeuchtung erfolgen, welche überdies in Folge der beträchtlichen Entfernung der Gräben eine nur unvollkommene Wirkung ausübt.

Diese Umstände sind die Ursache, dass das Heu der Stauwiesen niemals die Güte und den hohen und gesicherten Ertrag liefert wie dasjenige von zweckmässig angelegten, namentlich nicht versumpften Rieselwiesen.

Während Fig. 294 (Seite 532) bereits die allgemeine Disposition einer Stauanlage darlegt, zeigt Fig. 305 eine in regelmässige Reviere getheilte Stauwiese, welche aus dem Bache *a b* vermittelst der Gräben *d*, *e* und *f* das erforderliche Wasser erhalten. Die Grösse dieser Abtheilungen hängt, wie bereits erwähnt, von den Gefällsverhältnissen des Terrains ab; bei beträchtlichem Gefälle müssen die einzelnen, durch Dämme umwallten Abtheilungen kleiner angelegt werden, damit die höchsten Stellen derselben immer noch gehörig vom Wasser bedeckt sind und dasselbe an den tieferen Punkten nicht zu hoch steht. Auch würden bei zu beträchtlicher Ausdehnung der Reviere die Umgrenzungen derselben an letzteren eine bedeutende Höhe erhalten müssen. Die Dämme sind binnenseitig von Gräben umgeben, welche sowohl zur gleichmässigen Vertheilung des Wassers in dem Reviere dienen, als auch, um das zur Herstellung der Dämme erforderliche Erdmaterial zu liefern. Zu diesem Zwecke werden diese Gräben sehr flach abgeböscht. Die Ableitung des Wassers aus den einzelnen Abtheilungen erfolgt mittelst eines Netzes von Entwässerungsgräben *g* und *h*, welche das abgelassene Wasser sammeln, in einem Entwässerungscanale vereinigen und wieder in den Bach zurückleiten. Die Secundär-Gräben *h* werden zweckmässig als

… kleiner, aus der Zeichnung … edenen Abtheilungen unab- … setzt bezw. trocken gelegt …

… keine regelmässigen Figuren, … deren Lage sich der natür- … umsgrenzen möglichst voll- …



… e derselben die Erdarbeiten … ig geringste Mass reducirt … osten der Staubewässerungs- … n Vergleiche mit den Riesel- … digen Arbeiten für Dämme, … gänglich nothwendigen Ab- …

… serung in der Weise durch- … s zu der normalen Höhe die … r Abfluss dem Zuflusse ent- … und Abflusse constant bleibt, … de als Stauberieselung. Die-

selbe eignet sich vornehmlich für ausgedehnte Flächen mit sehr geringem Gefälle, namentlich wenn das Wasser aus Flüssen bei höheren Wasserständen entnommen werden kann und wenn dasselbe viele fruchtbare Sinkstoffe mit sich führt. Diese lagern sich bei dem langsamen Durchfliessen der Staureviere ziemlich vollständig auf den Flächen ab, liefern mithin eine sehr gute Düngung. Einen noch günstigeren Erfolg gewähren diese Anlagen, sobald der Sommerwasserstand im Flusse auch eine Berieselung nach dem ersten Heuschnitte gestattet.

Die Anlage der Stauberieselung ist im Wesentlichen die nämliche wie diejenige der gewöhnlichen Ueberstauung; erforderlich ist es, die untere Ablassschleuse an einem so niedrigen Punkte anzuordnen, dass eine schnelle Trockenlegung nach der Bewässerung erfolgen kann. Die Grösse der Reviere beträgt im Mittel 50 bis 80 ha; jedoch kommen auch erheblich kleinere und ebenso grössere Reviere vor. Die Höhe der Ueberstauung richtet sich nach den Gefällsverhältnissen der Reviere; am unteren Damme soll dieselbe etwa 0,5 m betragen. Die Reviere schliessen zweckmässig derartig aneinander an, dass das Wasser von den oberen in die tiefer gelegenen gelassen werden kann, wobei es sich empfiehlt, eine derartige Einrichtung zu treffen, dass womöglich jedem der unteren Reviere auch frisches Wasser zugeführt werden kann, bezw. dass diejenigen Reviere, welche ausschliesslich mit Abfallwasser gewässert werden, dasselbe in grösseren Mengen erhalten. Die Dämme sollen den Stauspiegel um 0,3 bis 0,4 m überragen; ihre Kronenbreite beträgt 1 bis 1,5 m, letztere bei beträchtlicher Ueberstauungshöhe; die Binnenböschung erhält eine 3fache, die äussere eine 1½fache Anlage. Erstere kann bei der flachen Dossirung durch Rasenbildung vollständig genutzt werden. Das Material für die Dämme wird aus muldenartigen Gräben entnommen, welche binnenseitig unmittelbar an den Dämmen erstellt werden. Der Graben unterhalb des oberen Dammes dient zur Vertheilung des Wassers; derjenige oberhalb des unteren Dammes als Sammelgraben für das Tagewasser des Revieres, zu dessen Ableitung im Falle des Erfordernisses die nothwendigen, am besten muldenartigen Gräben angelegt werden. Die Ableitung erfolgt durch in den Dämmen angeordnete Entwässerungssiele oder Schleusen.

Bei starkem Gefälle in den Revieren sind Querdämme erforderlich, um das Gefälle an denselben zu concentriren; entweder fliesst das Wasser über die Krone derselben in ihrer ganzen Ausdehnung oder an einzelnen Ueberfallsstellen mit fünffacher Böschung, oder es werden Siele zum Durchleiten des Wassers aus der oberen in die untere Abtheilung angeordnet. Bei grosser Ausdehnung der Reviere werden auch Leitdämme in der Richtung des fliessenden Wassers hergestellt, um eine regelmässige Ausbreitung des Wassers, namentlich bei beträchtlichen Höhenunterschieden des Terrains normal zu der Richtung des fliessenden Wassers, zu ermöglichen. Diese inneren Dämme werden sehr flach abgeböscht; sie erhalten eine niedrigere Lage als die Aussendämme und

eine Kronenbreite von etwa 1 m. Nur wenn dieselben als Wege benutzt werden, erhalten sie eine entsprechend grössere Breite.

Planirungsarbeiten sind nur in dem Falle erforderlich, dass einzelne Rücken, welche die gleichmässige Vertheilung des Wassers behindern, oder Mulden in der Richtung des fliessenden Wassers im Terrain vorhanden sind. Diese müssen abgeflacht bezw. ausgefüllt werden.

Bei der Anlage der Reviere einer grösseren Stauberieselung richtet sich die Projectirung der einzelnen Reviere nach verschiedenen Umständen. In erster Linie sind die Höhenverhältnisse und die Möglichkeit der wiederholten Benutzung des Wassers sowie der gesicherten Entwässerung in Rücksicht zu ziehen; ferner empfiehlt es sich, so weit dies thunlich, vorhandene Wege und Eigenthumsgrenzen als Begrenzungen der Reviere anzunehmen, überhaupt die Durchschneidung von Parcellen nach Möglichkeit zu vermeiden. Oft wird es empfehlenswerth sein, mit der Anordnung der Reviere eine zweckmässige Zusammenlegung der Grundstücke zu verbinden.

Wenn auch in Hinsicht auf die Erzielung guter Gräser eine gewöhnliche Rieselanlage der Stauberieselung vorzuziehen ist, so sprechen doch mehrere Umstände zu Gunsten der letzteren. Namentlich die Einfachheit des Systemes, der Wegfall aller feineren Planirungsarbeiten, die leichte Handhabung des Betriebes, die Möglichkeit, die Reviere beweiden zu können und die Billigkeit der Anlage.

Nach Hess*), welcher das System der Stauberieselung bei sehr ausgedehnten Meliorationen in Anwendung gebracht hat, betragen die Kosten der Dämme, Schleusen und Siele für grössere Reviere nur etwa 60 M pro Hektar. Da diese Kosten bei genossenschaftlichen Anlagen in der Regel von den einzelnen Betheiligten zu tragen sind, so wird oft durch die Billigkeit derselben überhaupt die Durchführbarkeit ermöglicht, welche sonst an den hohen Kosten der Rieselanlagen scheitern würde.

2. Die Rieselwiesen.

Um das Wasser über einer Wiesenfläche rieseln zu lassen, muss diese das entsprechende Gefälle besitzen. Dasselbe beträgt zum Mindesten 2 bis $2\frac{1}{2}$ %; jedoch ist die Berieselung auf Flächen mit stärkerem Gefälle unbedingt vortheilhafter. Namentlich wenn der Untergrund schwer durchlassend ist, würde ein zu geringes Gefälle leicht eine mangelhafte Ableitung des in den Boden eingesickerten Wassers und eine Auskältung zur Folge haben, welche am sichersten durch ein starkes Gefälle vermieden wird. Selbst bei einem solchen von 10 % ist eine Abschwemmung des Bodens, welche allein dem Gefälle eine Grenze setzt, nicht zu befürchten, da dieser durch die Verwurzelung des Rasens zusammengehalten wird; auch bewirkt die Vegetation selbst bei diesem starken

*) Die Hess'schen, mehrfach angeführten Veröffentlichungen enthalten das werthvollste Material über die Anordnung der Stauberieselungs-Anlagen.

Gefälle eine genügende Zurückhaltung der im Wasser vorhandenen Schlicktheilchen. Das angegebene Minimalgefälle von 2 bis $2^1/_2$ % ist jedoch nur in dem Falle zulässig, dass der Boden ohne künstlichen Auftrag zur Anlage der Wiese in Verwendung kommt. Bei Auftrag giebt die Lockerheit des Bodens vermehrte Veranlassung zum Versickern des Riesel- und Tagewassers und zwar in dem Masse mehr, je schwächer das Oberflächen-Gefälle ist. Desshalb gilt als Regel, Auftragsflächen ein Gefälle von mindestens 4 bis 5 % zu geben, weil hierdurch am zuverlässigsten eine Versumpfung des Bodens und die Entwicklung schlechter Wiesenpflanzen verhütet wird.

Nachdem bereits Seite 533 u. f. die allgemeinen Principien der Rieselung dargestellt wurden, sind hier die speciellen Methoden der Wiesenberieselung zu behandeln. In der Hauptsache können zwei Systeme derselben unterschieden werden und zwar

a) der Hangbau,
b) der Rücken- oder Beetbau.

Bei dem Hangbau besitzt die zu bewässernde Fläche ein einseitiges Gefälle und es schlagen die Rieselrinnen, welche das Terrain gewöhnlich in der horizontalen Richtung, also normal zu dem natürlichen Hauptgefälle durchziehen, nur an einer Seite und zwar der unteren über (Fig. 306). Bei dem Rückenbau wird dagegen das Terrain in einzelne doppeldach-förmige Abtheilungen getheilt, auf deren Firstlinien, und zwar in der Regel in dem natürlichen Hauptgefälle des Terrains, die Rieselrinnen eingeschnitten sind. Dieselben lassen das Wasser beiderseits überschlagen, so dass sich dasselbe auf der ganzen Rückenfläche vertheilt. An den tiefsten Stellen derselben befinden sich die zur Aufnahme des abgerieselten Wassers erforderlichen Entwässerungsrinnen (Fig. 318 und 319).

Der Unterschied beider Systeme der Wiesenberieselung liegt demnach in der Disposition der einzelnen Flächen, über welche das Wasser geleitet wird. Der Hangbau ist das einfachere System; derselbe bedingt aber ein natürliches Flächengefälle von mindestens 2,5 %. Ist dieses oder ein stärkeres Gefälle vorhanden und besitzt der Boden im Uebrigen keine zu unregelmässigen Erhöhungen oder Vertiefungen, so lässt sich die Rieselanlage oft in einfachster Weise herstellen und zwar nur durch Anfertigung der Gräben und geringe Ausgleichung der grössten Unebenheiten. Der Rückenbau verlangt dagegen, wenn ein gleichmässiges Ueberrieseln auf den einzelnen Tafeln erzielt werden soll, stets grössere und kostspieligere Erdbewegungen. Die Längenrichtung der Rücken, also auch die Rieselrinnen, liegen gewöhnlich in dem natürlichen Gefälle des Terrains; letztere müssen, um ein gleichmässiges Ueberschlagen auf ihrer ganzen Länge zu erzielen, horizontal bezw. mit dem Seite 536 angegebenen sehr geringen Gefälle von 0,5 bis 1 ‰ angeordnet werden. Die einzelnen Rücken müssen demnach in der Richtung des Haupt-

gefälles des Terrains horizontal erstellt werden, zu welchem Zwecke der untere Theil derselben durch Auftrag herzustellen ist. Auch in der Richtung normal zum Hauptgefälle ist eine Umformung der Oberfläche erforderlich, um den einzelnen dachförmigen Tafeln das erforderliche Gefälle zu geben.

Demnach ist der Rückenbau nur bei schwachem Gefälle des Terrains zweckmässig ausführbar und zwar bei einem Gefälle, welches 2,5 % nicht übersteigt. Die Erdbewegung und die zulässige Länge der Rücken hängen ganz von dem Flächengefälle ab; erstere nimmt mit der Stärke desselben zu, während die Rückenlänge mit diesem verkürzt werden muss, wenn nicht die Aufträge an den unteren Theilen der Tafeln zu beträchlich ausfallen sollen. Diese Umarbeitung der Oberfläche bedingt es, dass der Rückenbau in der Regel als Kunstbau ausgeführt wird, wenn man es nicht vorzieht, die Rücken zunächst nur durch Aufdämmung der Bewässerungsrinnen und Einschneiden der Entwässerungsrinnen zu bilden und die Planirung zwischen denselben im Laufe der Zeit durch fortgesetzte Ausgleichung der Flächen mittelst des Grabenaushubes herzustellen. In letzterer Weise entsteht der natürliche Rückenbau.

Bei dem Hangbau, welcher stets anzuwenden ist, wenn das für diesen erforderliche Gefälle vorhanden, ist der natürliche Bau die Regel, der Kunstbau die Ausnahme, bei dem Rückenbau, welcher nur bei einem für den Hangbau nicht ausreichenden natürlichen Flächengefälle angezeigt ist, ist das Umgekehrte der Fall.

Wird das natürliche Flächengefälle derartig vertheilt, dass das Wasser successive auf einzelne, unter einander entweder als Hänge oder Rücken angeordnete Tafeln gelangt, von denen die unteren somit das abgerieselte Wasser der oberen erhalten, so entsteht der Etagenbau und zwar je nach der Ausbildung der einzelnen Tafeln der Etagen-Hangbau und der Etagen-Rückenbau. Diese Methoden, welche durch angemessene Vertheilung eines von Natur unregelmässigen bezw. ungenügenden Gefälles häufig sehr zweckmässig erscheinen, werden mit den verschiedensten Modificationen in Anwendung gebracht, häufig auch in der Weise, dass den unteren Etagen ausser dem abgerieselten auch frisches Wasser aus dem Haupt-Zuleitungsgraben zugeführt werden kann.

Anmerkung. Die Wiesenbau-Systeme wurden in früherer Zeit vielfach noch in anderer Weise eingetheilt, welche Eintheilungen sich in einzelnen Gegenden noch erhalten haben.

So bezeichnete man als wilde Rieselung diejenige Hangbewässerung, bei welcher das Wasser aus einer möglichst hoch gelegenen, horizontalen Rinne über die Fläche geleitet wurde, ohne dass für eine zweckentsprechende Breite der Hänge, für eine genügende Ebnung derselben und für eine gesicherte Abwässerung Sorge getragen wurde. Dieses System, namentlich auf Gebirgswiesen noch vielfach in Anwendung, erfordert viel Wasser, ohne dass der Erfolg ein entsprechender ist. Es fehlt mithin bei der wilden Rieselung die planmässige Zu- und Ableitung des Wassers sowie die zweckmässige Bemessung der einzelnen Tafeln; das System kann aber im Laufe der Zeit

durch bessere Grabenführung und Planirung sowie namentlich durch eine wirksame Ableitung des benutzten Wassers zu einer vortheilhaften Hangbewässerung ausgebildet werden.

Ferner gehört hierher die von Vincent eingeführte Bezeichnung rationeller Wiesenbau, nicht für ein bestimmtes, aus der äusseren Form abgeleitetes System, sondern für eine zweckmässige Anlage zur vortheilhaftesten Ausnutzung der im Wasser enthaltenen Düngstoffe. Der rationelle Bau hält sich nicht an eine bestimmte Schablone, sondern verwendet jedes System am rechten Orte, wobei die Wassermenge, der Düngerreichthum desselben, die Bodenbeschaffenheit und namentlich das Gefälle über System und Abmessungen entscheiden. Als rationell wird jede Wiesenanlage bezeichnet, bei welcher der zugeführte Dünger und dem entsprechend die zugeführte Quantität von Wasser in richtigem Verhältnisse zu der bewässerten Fläche steht. Die Anlage wird überdies der natürlichen Lage des Terrains so viel wie möglich angepasst und werden die Erdbewegungen auf das thunlich geringste Mass beschränkt. Es wird das Zweckmässige der verschiedenen Wiesenbau-Methoden angenommen, das Irrationelle dagegen nach Möglichkeit vermieden.*)

Endlich findet man noch eine Bezeichnung der verschiedenen Wiesenbewässerungs-Systeme nach dem Heimathlande derselben, z. B. als Siegener Wiesenbau, lombardischer Wiesenbau u. s. w. Auf diese soll am Schlusse dieses Capitels näher eingegangen werden.

Der Hangbau.

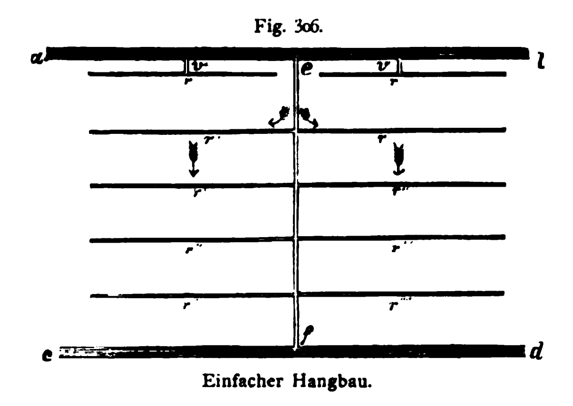
Die einfachste und vorwiegend angewandte Disposition des Hangbaus ist in Fig. 306 dargestellt. Die Fläche *a b c d* stellt einen Hang dar, dessen Hauptgefälle in der Richtung der Pfeile liegt. *a b* ist der Zuleitungsgraben dieser Fläche, welcher entweder Haupt-Bewässerungsgraben der ganzen Anlage ist, oder sich von diesem abzweigt. In letzterem Falle führt derselbe den Namen Transportirgraben. Ebenso ist *c d* entweder der Haupt-Entwässerungsgraben der Anlage oder ein Entwässerungsgraben zweiter Ordnung, welcher dem ersteren das Wasser zuführt. Beide Gräben liegen annähernd in der Richtung der Horizontallinien des Terrains, erhalten jedoch stets das für die Consumtion der Rieselfläche erforderliche Gefälle, welches bei dem Bewässerungsgraben auch mit Rücksicht darauf zu bemessen ist, dass das zur Verhinderung des Absetzens von Schlicktheilen nothwendige Minimalgefälle (vergl. Seite 56) einzuhalten ist. Von dem Zuleitungsgraben zweigt sich der Vertheilungsgraben *e f* ab, welcher den einzelnen Rieselrinnen *r r* das Wasser zuführt. Letztere liegen möglichst vollständig in den Horizontalen; sie lassen das Wasser unmittelbar

*) Eine ausführliche Entwicklung der Grundsätze des rationellen Wiesenbaus enthält das trotz mancher seither widerlegter Anschauungen noch immer in hohem Grade werthvolle Werk: Der rationelle Wiesenbau, dessen Theorie und Praxis, von L. Vincent, dritte Auflage; Leipzig 1870.

an der im Hange abwärts gerichteten Kante überschlagen. Die oberste Hangtafel würde bei dieser Anordnung direct durch das Ueberschlagen des Zuleitungsgrabens bewässert werden müssen, was jedoch allgemein als nicht zulässig anerkannt ist. Der Graben kann nicht mit so genau ausgeglichener Kante hergestellt und erhalten werden; auch würde derselbe seine Function als Zuleiter nicht vollständig erfüllen können, wenn aus ihm direct gerieselt wird. Desshalb gilt es als Regel, für die Bewässerung der obersten Hangtafeln besondere Rieselrinnen, wie in der Zeichnung angegeben, mittelst kleinen Vertheilungsrinnen *v v* abzuleiten.

Das Wasser, welches die oberste Tafel berieselt hat, sammelt sich in der Rieselrinne *r'*, gelangt auf die zweite Tafel, von dieser in die

Fig. 306.



Einfacher Hangbau.

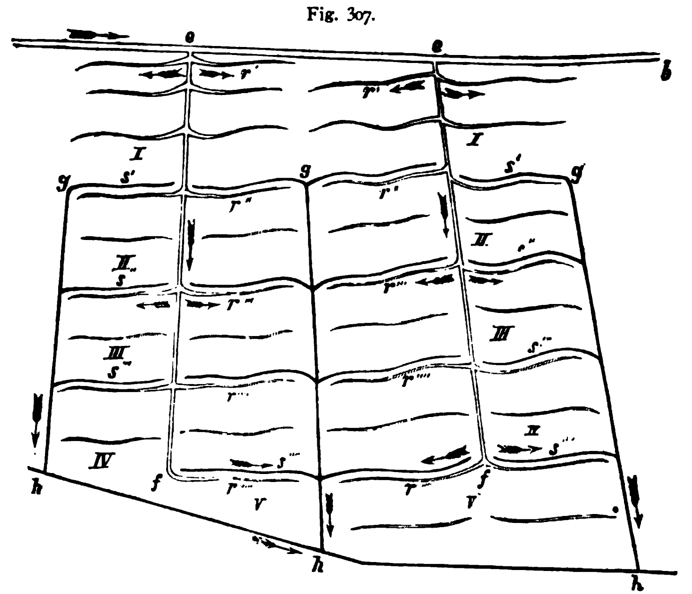
Rinne *r''* u. s. f. Die Entwässerungsrinne eines jeden Hanges bildet somit die Bewässerungsrinne des direct darunter liegenden. In der Regel erfüllt diese Methode der Berieselung ihren Zweck in genügender Weise und zwar stets, wenn das Gefälle ein derartig starkes ist, dass eine gesicherte Ableitung des Wassers erfolgen kann. Jeder einzelnen Hangtafel kann mittelst kleiner Schützen oder in den oberen Rinnen eingesetzter Rasenstücke frisches Wasser aus dem Zuleitungsgraben gegeben werden, so dass man in der Lage ist, den unteren Hängen in gleicher Weise wie den oberen das düngerreichste Wasser zukommen zu lassen. Man beginnt in diesem Falle die Rieselung mit der untersten Tafel und setzt dieselbe allmählig zu den oberen fort. Die unteren Tafeln erhalten in diesem Falle ausser dem direct zugeführten auch das gesammte Abfallwasser der oberen.

Da sowohl die Gräben *a b* und *c d* als auch die Rinnen *r* im Wesentlichen den Schichtenlinien des Terrains folgen, so bilden dieselben nur auf ebenen Flächen gerade Linien, wie in Fig. 306 dargestellt; bei welligem Terrain sind sowohl die Gräben als auch die Rieselrinnen in entsprechender Weise gekrümmt, wodurch ihrem correcten Functioniren kein Eintrag geschieht. Es gewährt dies vielmehr die Möglichkeit, die

Planirungsarbeiten selbst auf unebenem, namentlich wellenförmigem Terrain auf ein sehr geringes Mass zu reduciren.

Das System des Hangbaus Fig. 307, für ein Terrain mit nur geringem Gefälle geeignet, unterscheidet sich von dem eben geschilderten durch die Anordnung eines vollständigen Netzes von Entwässerungsrinnen und -Gräben. Dasselbe ist in der Zeichnung mit einfachen, starken Linien angegeben, während das Bewässerungsnetz durch Doppellinien dargestellt ist. *a b* ist der Zuleitungsgraben, von welchem sich die in der

Fig. 307.



Hangbau mit Entwässerungsgräben.

Hangrichtung des Terrains geführten Vertheilungsgräben *e f* abzweigen. Aus diesen werden die Rieselrinnen *r r* für fünf untereinander gelegene Hänge I, II u. s. w. gespeist, welche entsprechend der vorausgesetzten wellenförmigen Oberfläche des Terrains gekrümmt sind. In der Mitte der einzelnen Tafeln befinden sich kleine Rinnen, welche nicht direct gespeist werden, sondern das Wasser der oberen Hangpartie zum Zwecke der gleichmässigen Vertheilung auf dem unteren Theile des Hanges sammeln. Bei breiten Hängen, namentlich solchen, deren Ebnung keine überaus vollkommene ist, wie dies häufig bei den natürlichen Systemen der Fall ist, muss die Anbringung derartiger Regulirungsrinnen (Schlitzgräben) stets empfohlen werden. Am untersten Theile jedes Hanges befindet sich je eine Entwässerungsrinne *s*, welche das gesammte abgerieselte Wasser des betreffenden Hanges in die Sammelgräben *g h* und von diesen in den Entwässerungsgraben *h h* leitet. In dieser Weise

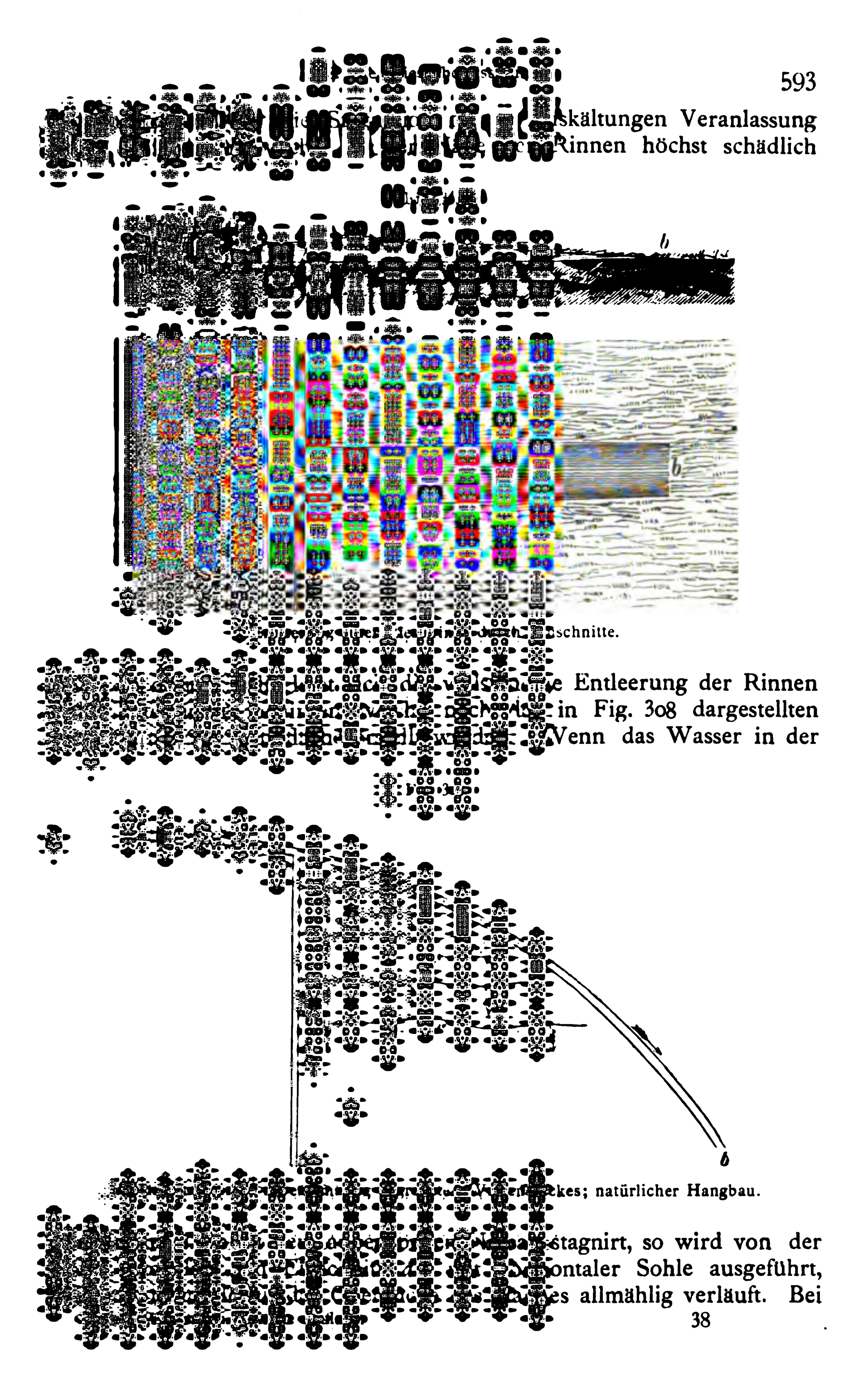
erhält jede Hangtafel frisches Wasser aus dem Zuleitungsgraben *a b* und es findet eine vollständige Ableitung des benutzten Wassers durch das Netz der Entwässerungsgräben statt. Der Abstand der Entwässerungsrinne von der nächst unterhalb gelegenen Rieselrinne beträgt bei durchlassendem Boden etwa 0,75 m, bei wenig durchlassendem nur 0,5 m.

Man kann aus dem natürlichen Etagenbau Fig. 307 auch den Kunstbau herstellen, indem man jede Hangtafel in der Weise umformt, dass die Rieselrinne aufgedämmt, die Entwässerungsrinne entsprechend tief eingeschnitten wird und der Tafel am oberen Theile durch Auftrag, am unteren durch Abtrag das für den Kunstbau erforderliche Gefälle von mindestens 4 % gegeben wird. Das Ausmass des Auf- und Abtrages hängt hierbei von dem vorhandenen natürlichen Gefälle und der Breite der Tafeln ab. Hervorzuheben ist jedoch, dass ein Abtrag stets vermieden werden sollte, sobald hierdurch ein an Nährstoffen armer Boden unmittelbar unter der Rasendecke zu liegen kommen würde. Einfacher und billiger gestaltet sich diese Gefällsvermehrung für die einzelnen Hänge, wenn man anfänglich nur die Rieselrinnen mit Hilfe des bei der Herstellung der Entwässerungsrinnen gewonnenen Materials entsprechend hoch aufdämmt und die Planirung der Fläche im Laufe der Zeit mit Benutzung der bei der Grabenräumung gewonnenen Erde bewirkt. In diesem Falle müssen die Entwässerungsrinnen das gesammte zur Aufdämmung der Bewässerungsrinnen erforderliche Erdmaterial liefern, zu welchem Zwecke sie mit sehr flachen Böschungen, also muldenartig, erstellt werden. Durch Aufdeckung von Rasen werden diese ebenso wie die übrige Rieselfläche genutzt.

Wenn auch wegen der gesicherteren Abwässerung die Disposition Fig. 307 bei schwachem natürlichem Gefälle eine vollkommenere ist als die in Fig. 306 dargestellte Methode des einfachen Hangbaus, so gewährt dieselbe doch den Nachtheil, dass das Netz der Riesel- und Ablaufrinnen fast doppelt so gross ist als bei letzteren, ferner, dass die Entwässerungsrinnen sehr nahe den Bewässerungsrinnen des nächst folgenden Hanges angeordnet werden müssen, so dass bei nicht sehr dichtem Boden ein Durchsickern des abgerieselten Wassers in die unterhalb gelegenen Bewässerungsrinnen vorkommen kann. Ueberdies ist der Verbrauch an Wasser ein unverhältnissmässig hoher, wenn jede Hangfläche ausschliesslich frisches Wasser erhalten muss. Letzterem Nachtheile lässt sich freilich durch die in der Folge zu besprechenden Methoden der Wiederbenutzung des Wassers auf Hangflächen begegnen, bei welchen aber, wie wir sehen werden, das Graben- und Rinnennetz zuweilen noch complicirter wird.

Detailanordnungen des natürlichen Hangbaus. Bei schwachem Gefälle der Anlage kommt es leicht vor, dass nach dem Trockenlegen der Wiese die Rieselrinnen theilweise gefüllt bleiben, weil dem Wasser kein vollständiger Abfluss geschafft werden kann. Ist der Boden sehr durchlässig, so versinkt das Wasser in nicht zu langer Zeit, wohingegen

... kältungen Veranlassung
... Rinnen höchst schädlich



... schnitte.

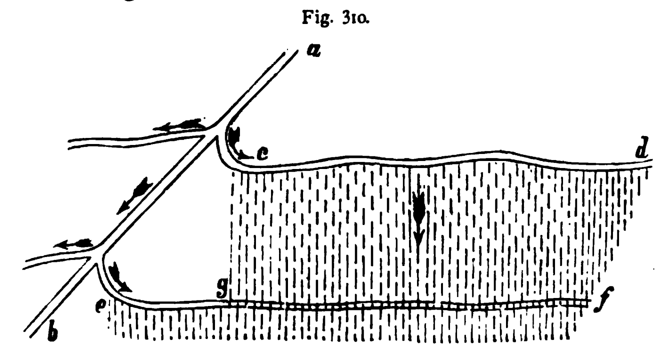
... Entleerung der Rinnen
... in Fig. 308 dargestellten
... Wenn das Wasser in der

... kes; natürlicher Hangbau.

... stagnirt, so wird von der
... ontaler Sohle ausgeführt,
... s allmählig verläuft. Bei

dieser Anordnung muss sich die Rinne vollständig auf dem Hange entleeren. Besitzt die Rieselrinne eine Tiefe von 0,15 m und der Hang ein Gefälle von 4 %, so würde der Einschnitt *a b* eine Länge von 3,75 m erhalten müssen. Während der Rieselung wird derselbe mittelst eines Rasenstückes verlegt.

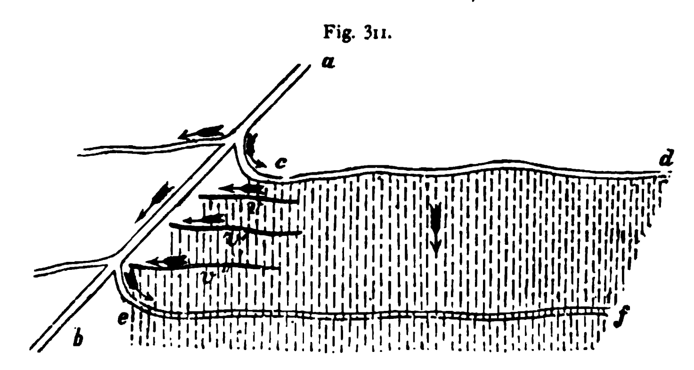
Fig. 310.



Bewässerung mit schräg geführtem Vertheilungsgraben; natürlicher Hangbau.

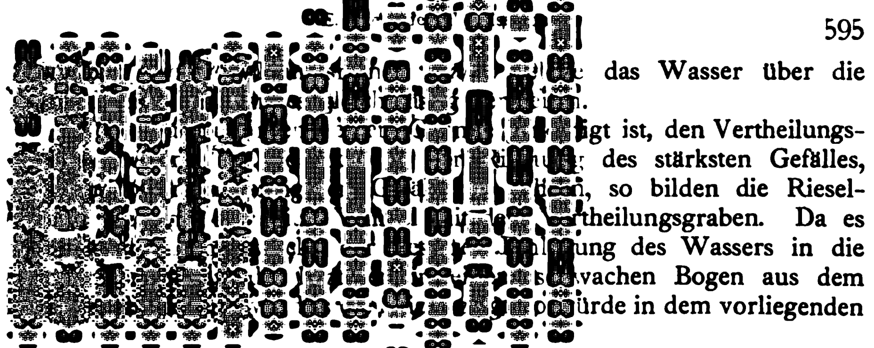
Bei dem natürlichen Hangbau entstehen häufig an den Begrenzungen unregelmässige Figuren, deren Bewässerung durch besondere Rinnen ermöglicht werden muss. So mag z. B. Fig. 309 die obere Partie einer zu bewässernden Hangfläche sein, welche das Wasser durch den Zuleitungsgraben *a b* erhält.. Von diesem zweigt sich der Vertheilungs-

Fig. 311.



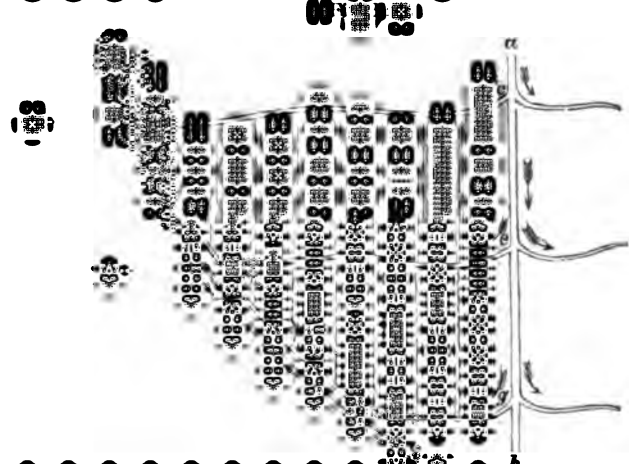
Bewässerung mit schräg geführtem Vertheilungsgraben und Regulirungsrinnen; natürlicher Hangbau.

graben *c d* ab und stellt *r* die erste Rieselrinne zur Bewässerung der darunter liegenden Fläche dar. Das oberhalb gelegene, von den beiden Gräben und der Rinne *r* begrenzte Terrain würde somit nicht bewässert werden. Für dieses werden kleinere Rinnen *v v'* in der Richtung der Horizontalen gezogen, welche je nach der Situation entweder aus dem Zuleitungs- oder dem Vertheilungsgraben gespeist werden, und zwischen



das Wasser über die

gt ist, den Vertheilungs-
des stärksten Gefälles,
, so bilden die Riesel-
rtheilungsgraben. Da es
ung des Wassers in die
vachen Bogen aus dem
ürde in dem vorliegenden



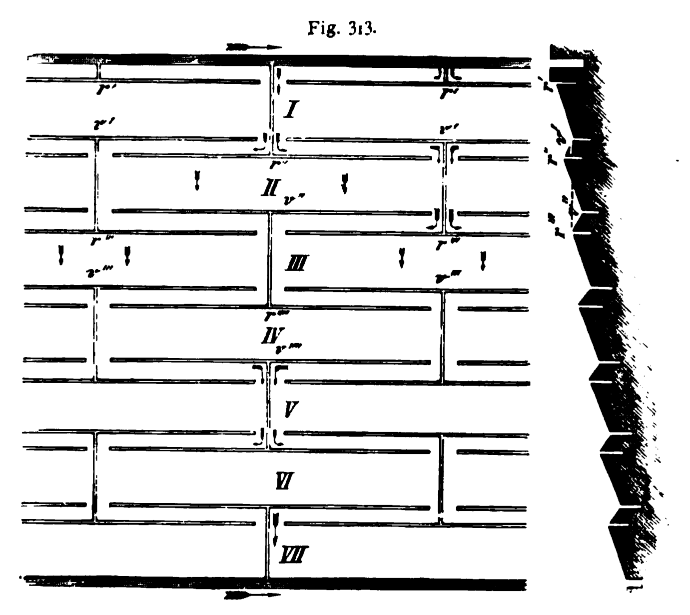
kes; natürlicher Hangbau.

ssert bleiben. Eine voll-
mittelst der in Fig. 311
welche das überrieselnde
n Theil der Fläche ver-
entweder eine derartige
rinnen *c d* und *e f* aus
essenen Abständen unter

türlichen Hangbaus dar-
en, *c d*, *e f* und *g h* die
längs der Begrenzung
nen Theil des rieselnden
erwünscht sein kann. In
ärts und in der Richtung
dass sie im Stande sind,
che zu sammeln und der

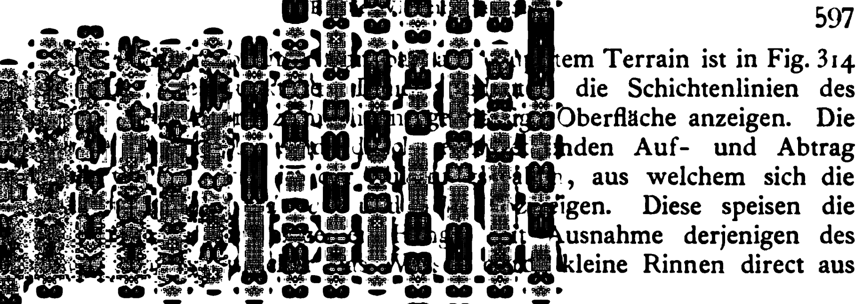
Als Beispiel der regelmässigen Wiederbenutzung des abgerieselten und in einer Entwässerungsrinne angesammelten Wassers kann der Kunstbau Fig. 313 dienen. Die Hangfläche *I* erhält das frische Wasser aus der Rieselrinne *r'*; das in der Entwässerungsrinne *v'* gesammelte Wasser wird um den zweiten Hang herumgeführt und speist die Rieselrinne *r'''* des dritten Hanges. Der zweite Hang erhält frisches Wasser, welches sich durch die Rinne *r''* vertheilt und durch *v''* gesammelt wird. Von dieser wird es um den dritten Hang herum auf den vierten geleitet u. s. f.

Fig. 313.

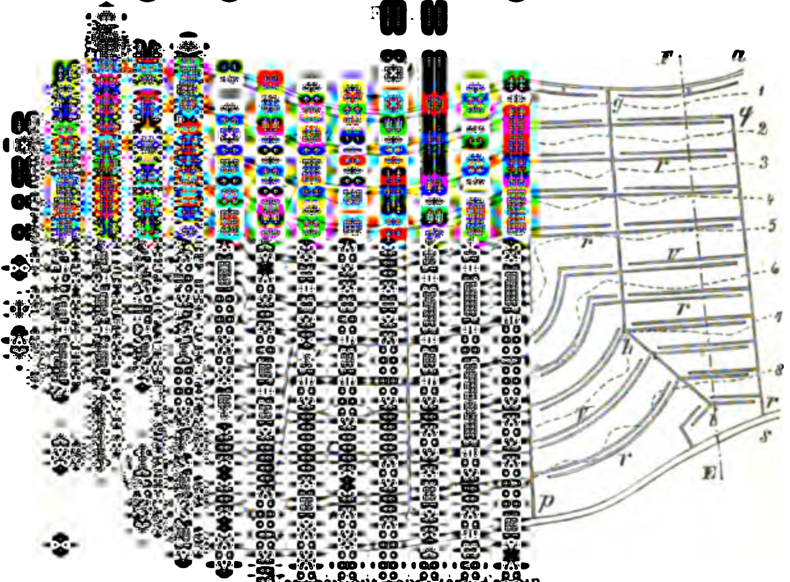


Wiederbenutzung des Wassers beim Hangbau.

Die einzelnen Hangtafeln erhalten durch Aufdämmung der Rieselrinnen und Vertiefung der Ableitungsrinnen sowie durch Auftrag an dem oberen und Abtrag an dem unteren Theile des Hanges das für den Kunstbau nothwendige Gefälle. Die Disposition muss jedoch stets eine derartige sein, dass jeder schädliche Rückstau vermieden wird. Aus der Profilzeichnung der Fig. 313 ist ersichtlich, dass die Entwässerungsrinne *v'* in gleichem Niveau mit der Rieselrinne *r'''* liegt. Würde *r'''* höher liegen als *v'*, was also bei noch schwächerem Gefälle, als in dem Profile angegeben, stattfinden müsste, so könnte das von dem ersten Hange abrieselnde Wasser nicht auf dem dritten, sondern je nach der Stärke des Gefälles erst auf dem vierten, fünften u. s. w. Hange verwendet werden. Bei dem Entwurfe einer derartigen Rieselanlage mit wiederholter Benutzung des Wassers ist der angeführte Umstand stets aufs Sorgfältigste zu ermitteln und danach das Project festzustellen.



[illegible] tem Terrain ist in Fig. 314
[illegible] die Schichtenlinien des
[illegible] Oberfläche anzeigen. Die
[illegible] nden Auf- und Abtrag
[illegible], aus welchem sich die
[illegible] igen. Diese speisen die
[illegible] Ausnahme derjenigen des
[illegible] kleine Rinnen direct aus



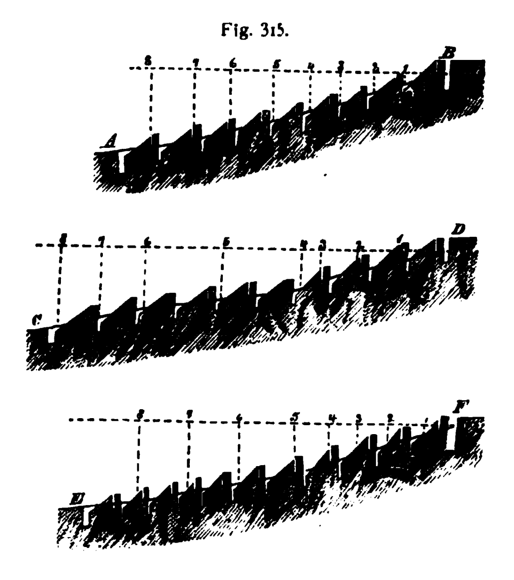
[illegible] elnen Hängen abrieselnde
[illegible] elte Wasser gelangt in die
[illegible] vereinigt sich schliesslich
[illegible] beträchtlichen Länge der
[illegible] ist von der sechsten Hang-
[illegible] ingeschaltet, welcher aus
[illegible] ngen hergestellten Riesel-
[illegible] gleicher Weise ist auch
[illegible]

[illegible] ss das von dem untersten
[illegible] Entwässerungsgraben *s t*
[illegible] böschung desselben läuft.
[illegible] ls vortheilhaft angesehen,
[illegible] Abschwemmung gesichert
[illegible] mittelbar über dem Ent-

wässerungsgraben eine Entwässerungsrinne zu traciren und das in dieser gesammelte Wasser an bestimmten Punkten in den Graben einzuleiten.

In den Vertheilungsgräben *c d* u. s. w. und in den einmündenden Rinnen werden Schützen eingesetzt, mittelst welcher man im Stande ist, das frische Wasser jeder einzelnen Hangfläche direct zukommen zu lassen, so dass die Bewässerung der einzelnen Hänge abwechselnd erfolgen kann. Ohne Schwierigkeiten würde sich die hier dargestellte Anlage auch derartig einrichten lassen, dass das Wasser der oberen Hänge,

Fig. 315.



Drei Profile von Fig. 314.

welches in den Ableitungsgräben *k l* u. s. w. gesammelt wird, den unteren Hängen zum Zwecke der wiederholten Bewässerung zugeführt werden kann, was bei dem beträchtlichen Gefälle des Terrains, ohne einen Rückstau befürchten zu müssen, ausführbar ist.

In Fig. 315 sind drei Profile des Planes Fig. 314 dargestellt und zwar in Durchschnitten nach den Linien *A B*, *C D* und *E F*.

Abmessungen des Hangbaus. Für die Bestimmung der Abmessungen der einzelnen Hangtafeln ist in erster Reihe massgebend, dass stets ein gleichmässiges Ueberrieseln des Wassers über der ganzen Fläche angestrebt werden muss. Es wird diese Anforderung bei sorgfältigster Herstellung der Rinnen und Flächen weit sicherer erfüllt werden als bei nur oberflächlicher Regulirung der Gräben, Rinnen und Hangflächen.

Die Länge der einzelnen Hänge richtet sich nach der zulässigen Länge der dieselben bewässernden Rieselrinnen. Bereits Seite 537 ist

angegeben worden, dass man die Rinnen in der Regel von dem Eintrittspunkte des Wassers nicht über 20 bis 25 m lang macht. Demnach kann die Entfernung der Vertheilungsgräben bis 50 m betragen, in welchem Falle die beiderseitigen Rieselrinnen eine Länge von circa 24 m erhalten.

Die Breite der Hänge, also der Abstand der Rieselrinnen von einander, hängt von dem Gefälle und dem Reichthume des Wassers an dungreichen Schlicktheilchen ab. Je stärker das Gefälle, desto grösser kann der Abstand gewählt werden und ebenso kann die Breite mit dem Reichthume des Wassers an Nährstoffen vergrössert werden. Bei dem Kunstbau kommen zuweilen Hangbreiten von nur 3 m vor; jedoch sind dies nur Ausnahmen und wählt man den Abstand der Rieselrinnen in der Regel zwischen 5 und 10 m. Bei breiteren Tafeln ordnet man häufig in der Mitte schmale Rinnen an, welche aus dem Vertheilungsgraben gespeist werden.

Die Rieselrinnen werden in der Regel mit verticalen oder sehr schwach abgeböschten Seitenwänden ausgeführt. Bei ihrer geringen Tiefe und dem Umstande, dass sie bald mit Rasen bewachsen, besitzen die Wände den hinreichenden Halt und bedarf es zumeist nur einer alljährlich im Frühjahre und Herbste vorgenommenen Instandsetzung, um eine gute Wirksamkeit der Rinnen während der Rieselperiode zu erzielen. Ueber das Gefälle an der überschlagenden Kante ist bereits Seite 536 das Erforderliche mitgetheilt worden; zuweilen erhält die Sohle gleichfalls ein, wenn auch nur sehr geringes Gefälle (0,5 bis 1 ‰). Die Tiefe der Rinnen ist mit Rücksicht darauf festzusetzen, dass durch den Graswuchs keine zu beträchtliche Verengung des Profiles entstehe; dieselbe beträgt 0,15 bis 0,20 m. Die Breite wird zwischen 0,20 und 0,35 m angenommen; sehr häufig vermindert man dieselbe stetig vom Eintrittspunkte des Wassers bis zu dem Ende der Rinne in dem Masse, wie das abzuleitende Wasserquantum ein geringeres wird. Das Umgekehrte ist bei den Entwässerungsrinnen der Fall, welche sich nach Massgabe des vermehrten Wasserzuflusses verbreitern.

Die Regulirungsrinnen erhalten gewöhnlich eine Tiefe von 0,10 m bei 0,15 m Breite.

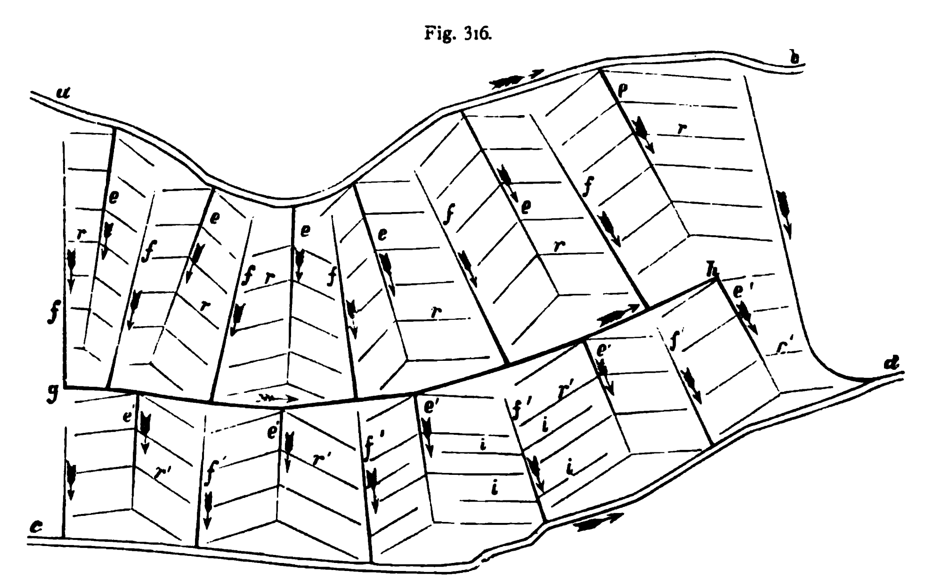
Hangbau mit geneigten Rieselrinnen.

Dieses System unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Hangbau dadurch, dass die Rieselrinnen nicht in der Richtung der Horizontalen, sondern mit einem mehr oder minder beträchtlichen Gefälle angelegt sind, wodurch das System sich einem Terrain mit unregelmässiger, namentlich wellenförmiger Oberfläche anpasst. Fig. 316 zeigt die principielle Disposition einer derartigen Anlage,*) in welcher *ab* den Zuleitungsgraben und *cd* den Entwässerungsgraben darstellt. Die Vertheilungs-

*) Nach einer Zeichnung in dem Werke: Traité pratique de l'irrigation des prairies par J. Keelhoff; Brüssel 1856.

gräben *e e* sind auf den Firstlinien des normal zum Hauptgefälle schwach wellenförmigen Terrains angelegt, während die Ableitungsgräben *f f* in den Thalwegen liegen. Aus den Vertheilungsgräben zweigen sich nach beiden Richtungen die Rieselrinnen *r r* ab, welche sich nach ihren Enden zu stark verjüngen. Würde dies letztere nicht der Fall sein, so könnten dieselben lediglich an ihren unteren Enden überschlagen; durch die stetige Verengung wird aber das Wasser derartig gestaut, dass ein gleichmässiges Ueberschlagen erfolgt. Sollte dies noch nicht vollständig erreicht

Fig. 316.



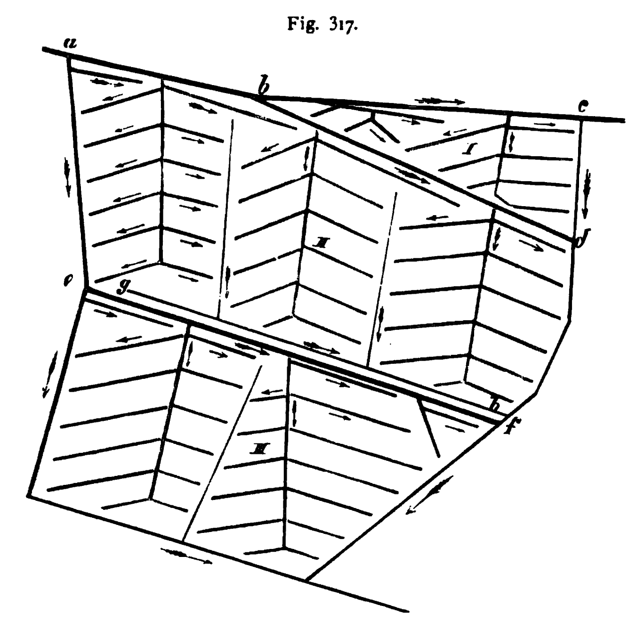
Hangbau mit geneigten Rieselrinnen.

werden, so wird mittelst eingelegter Rasenstücke der Stau derartig verstärkt, dass der Wasserstand oberhalb desselben in dem erforderlichen Masse steigt und somit ein Uebertreten des Wassers auf die Fläche erfolgt. Um die Vertheilungsgräben der Terrainfläche möglichst vollkommen anzupassen, ist der Sammelgraben *g h* angeordnet, welcher das ablaufende Wasser der oberen Fläche aufnimmt und dasselbe durch die Vertheilungsgräben *e' e'* sowie durch die Rinnen *r' r'* der unteren Fläche zuführt. Die Ableitungsgräben *f' f'*, ebenfalls in den Thalwegen tracirt, führen das Wasser schliesslich in den Entwässerungsgraben *c d*.

Bei *i i* sind kleine Entwässerungsrinnen eingeschaltet, welche den Gräben *f'* das Wasser einzelner Partien zuführen; an diesen Stellen ist das Terrain auch in der Richtung des Hauptgefälles (von oben nach unten in der Zeichnung) wellenförmig und entsteht auf diese Weise ein natürlicher Rückenbau, bei welchem mit der möglich geringsten Erdbewegung eine vollständige Abwässerung erreicht wird.

Fig. 317 giebt eine ähnliche Disposition des Hangbaus mit geneigten Rieselrinnen,*) bei welcher durch die Abzweigungen, *a b c*, *a b d* und *a e f* der dargestellte Theil der Bewässerungsfläche in drei Abtheilungen zerlegt wird, von denen jede unabhängig von den übrigen frisches Wasser erhalten kann. Das von der Abtheilung II ablaufende Wasser gelangt in den Sammelgraben *g h*, aus welchem es um die Abtheilung III herum auf eine folgende Fläche geleitet wird.

Fig. 317.



Hangbau mit geneigten Rieselrinnen.

Je nach der Formation des Terrains werden die Vertheilungsgräben in Abständen bis zu 50 m von einander angelegt, so dass sich für die Rieselrinnen eine Maximallänge von etwa 24 m ergiebt. Als stärkstes zulässiges Gefälle derselben empfiehlt Keelhoff ½%. Bei zu starkem Gefälle findet nur ein ungleichmässiges Ueberrieseln statt.

Die Tiefe der Rieselrinnen soll am Anfangspunkte derselben die nämliche sein wie die des betreffenden Vertheilungsgrabens und zwar am passendsten 0,20 bis 0,25 m; dieselbe vermindert sich stetig bis auf 0,15 m. Die Breite der Rinnen beträgt am Anfange 0,25 m und laufen dieselben bis zum Ende fast ganz spitz zu. Wie aus Fig. 316 ersichtlich, nimmt auch die Breite der Vertheilungsgräben in dem Masse, wie sie weniger

*) Nach einer Zeichnung in dem Werke: Notions élémentaires sur les irrigations par J. Charpentier de Cossigny, Seite 398; Paris 1874.

Wasser zu führen haben, ab, während diejenige der Sammelgräben entsprechend zunimmt.

Der Abstand der einzelnen Rinnen von einander hängt von der Formation der Oberfläche ab und können über denselben keine allgemein giltigen Regeln aufgestellt werden. Wo die Oberfläche stark coupirt ist, wird es zuweilen erforderlich, um ein Ansammeln des Wassers an einzelnen Stellen zu verhüten, die Rinnen bis auf 3 m einander zu nähern, während es zumeist zulässig erscheint, den Abstand der Rinnen auf 5 bis 6 m, bei starkem Gefälle sogar bis 10 m, zu bemessen.

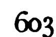
Der Hangbau mit geneigten Rieselrinnen, welcher namentlich von einigen französischen Wiesenbautechnikern und Schriftstellern, wie Pareto Cossigny, Barral u. a., empfohlen wird,*) gehört seiner oft sehr willkürlichen Abmessungen wegen, ferner wegen der zumeist ganz entfallenden Planirung dem Systeme der wilden Rieselung (vgl. Seite 588) an. Derselbe eignet sich speciell für unregelmässige Oberflächen, kann ohne weiteren Plan unmittelbar auf dem Terrain abgesteckt werden und zwar mit den einfachsten Hilfsmitteln, wie einigen Messschnüren und einer Setzwage. Wenn das Wasser zeitweise viel Sinkstoffe mit sich führt, so wird das System sogar zuweilen bei ebener Oberfläche dem gewöhnlichen Hangbau mit horizontalen Rieselrinnen vorgezogen, weil es die Sinkstoffe besser der Wiesenfläche zuführt, während sich bei horizontalen Rinnen die Stoffe theilweise in diesen niederschlagen und somit eine häufige Räumung nothwendig machen.

Für den Betrieb des Hangbaus mit geneigten Rinnen ist stets ein sehr gewandter Wiesenaufseher erforderlich, wenn ein gleichmässiges Ueberrieseln erzielt werden soll, da die geneigten Rinnen häufig mittelst eingelegter, je nach dem mehr oder minder starken Zuflusse zu verändernder Stauvorrichtungen (einfacher Rasenstücke) regulirt werden müssen.

Der Rückenbau.

Die typische Form des Rückenbaus ist in Fig. 318 dargestellt. EF ist der Bewässerungs-, GH der Entwässerungsgraben; das Gefälle zwischen beiden sei derartig gering, dass die Anlage einer Hangbewässerung nicht angezeigt ist. In diesem Falle erstellt man dachförmige Flächen, auf deren Firsten die Rieselrinnen rr angelegt werden, während in den Thalwegen, in welchen je zwei Hangflächen zusammenstossen, die Entwässerungsrinnen vv gezogen werden. Erstere werden aus dem Bewässerungsgraben gespeist, füllen sich vollständig an und lassen das Wasser auf beiden Seiten gleichmässig überschlagen. Dasselbe überrieselt die anliegenden Hangflächen und sammelt sich in den Entwässerungsrinnen, welche das abgerieselte Wasser in den Entwässerungsgraben leiten. Fig. 319 stellt den Querschnitt der Rücken nach der Linie AB in

*) Dieses System führt in Frankreich den Namen *„irrigation par rigoles en épis"*, Bewässerung durch Rinnen in Aehrenform.



…ckens nach der Linie *CD*

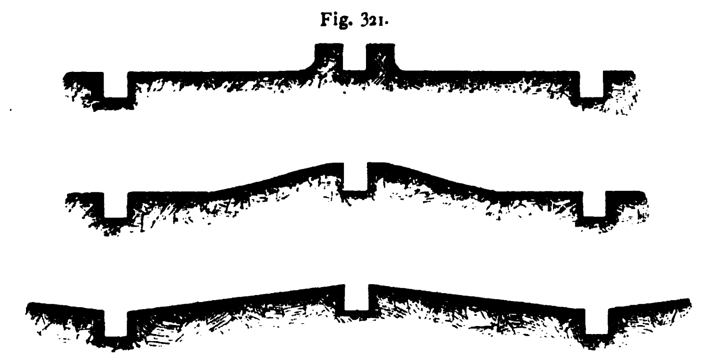
…chen den Be- und Ent-
…durch Abtrag in der Nähe

…ieselrinnen erstellt werden.
…Bodens überhaupt nicht
…roher, unfruchtbarer Unter-
…dem natürlichen Rücken-
…Umformung der Fläche in

die Beete dadurch bewerkstelligt, dass zunächst die Entwässerungsrinnen eingeschnitten werden und mit dem gewonnenen Material die auf der Rückenfirst befindliche Rieselrinne aufgedämmt wird. Die Ausbildung der Flächen erfolgt im Laufe der Zeit durch fortgesetzte Vervollkommnung mit Hilfe des bei der Grabenräumung gewonnenen Erdmaterials. Fig. 321 zeigt diese allmählige Umwandlung des Terrains bis zu regelmässig ausgebildeten Rücken.

Bei sehr langen und breiten Rücken genügt die Rieselrinne nicht, um das Wasser in entsprechender Quantität längs des ganzen Rückens gleichmässig zu leiten. In diesem Falle ordnet man auf der Rückenfirst einen Transportirgraben von hinlänglich weitem Profile und mit dem

Fig. 321.



Allmählige Ausbildung der natürlichen Rücken.

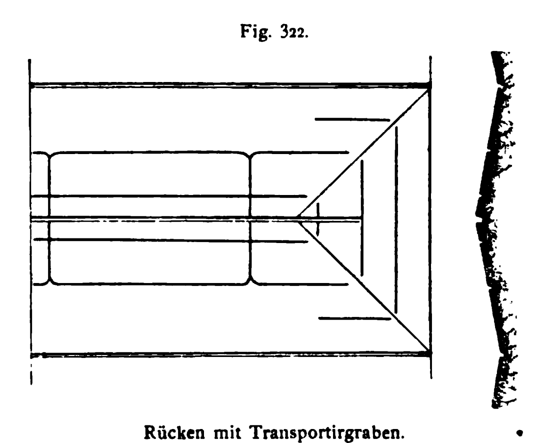
erforderlichen Gefälle an, von welchem die beiden Seitenflächen in gleicher Weise wie Hänge mittelst horizontaler, an der unteren Kante überschlagender Rieselrinnen bewässert werden. Fig. 322 zeigt diese Methode, bei welcher sich in der Mitte der beiden Hänge noch je eine zweite Rieselrinne befindet. An den Enden sind überdies Schlitzgräben zur vollständigen Vertheilung des Wassers über der ganzen Fläche angebracht, wie auch der Giebel des Rückens in ähnlicher Weise bewässert wird.

Die Länge der Rücken richtet sich im Wesentlichen nach dem natürlichen Terraingefälle, in dessen Richtung die Rücken gelegt werden. Vorausgesetzt wird ein Gefälle von höchstens 2 bis $2^1/_2$ %, weil andernfalls der Hangbau die empfehlenswerthere Wiesenbauform ist. Bei einer Länge der Rieselrinne von 25 m und 2 % Flächengefälle müsste der tiefste Punkt der Rinne um 0,5 m aufgedämmt werden; in der Mitte der Rinne müsste die Aufdämmung noch 0,25 m betragen. Je länger die Rücken, desto grösser ist mithin das für den Auftrag erforderliche Material. Ist solches nur in geringer Menge zu erhalten, so müssen kürzere Rücken in Etagen unter einander angelegt werden.

Die Breite der Rücken steht in engster Beziehung zu der Länge

derselben; von ihr und der Giebelhöhe hängt das für die Rückenseiten zu gewinnende Gefälle ab. Im Durchschnitte entspricht ein solches von 5 % den Anforderungen; bei durchlassendem, warmem, also nicht zu Versumpfungen neigendem Boden genügt bereits ein Gefälle der Rückenseiten von 4 %, während dasselbe bei kaltem, schwer durchlassendem Boden zweckmässig nicht kleiner als 6 % zu wählen ist. Beträgt die Rückenbreite, unter dieser Bezeichnung stets die Entfernung zwischen zwei benachbarten Entwässerungsrinnen verstanden, 20 m, die Rückenseite also 10 m, so muss der Giebel bei 5 % Gefälle eine Höhe von 0,5 m besitzen. Ist ein so hoher Auftrag nicht durchführbar,

Fig. 322.



Rücken mit Transportirgraben.

so erübrigt nur, schmalere Rücken zu verwenden, welche überhaupt bei schwer durchlassendem Boden geeigneter erscheinen als breite Rücken. Bei 12 m breiten Rücken, also bei 6 m Breite der Rückenseite würde eine Aufdämmung des Giebels um 0,3 m bereits ein Gefälle von 5 % ergeben.

Man ersieht hieraus, wie das Gefälle von der Länge, der Breite und der Höhe der Rücken beeinflusst wird und wie diese drei Factoren in innigem Zusammenhange mit einander stehen. Je länger der Rücken, desto höher muss derselbe am unteren Ende aufgedämmt, desto breiter kann derselbe aber auch für ein bestimmtes Flächengefälle angelegt werden.

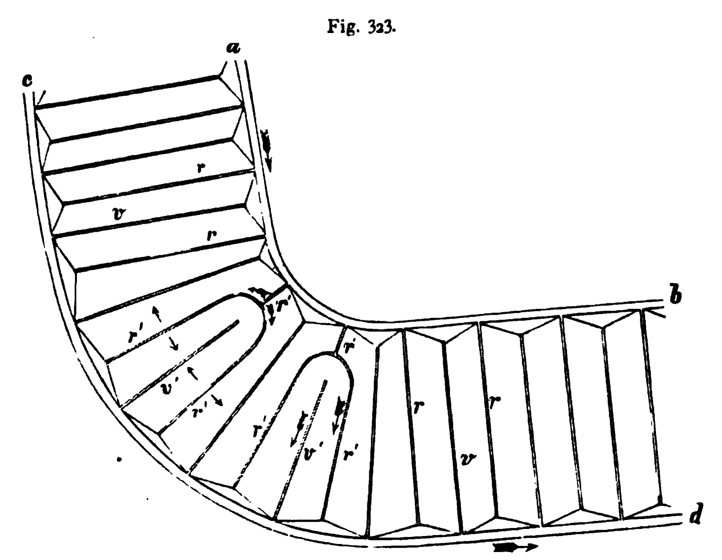
Zu beachten ist, dass die Rückenseiten windschiefe Flächen bilden, deren Gefälle von oben nach unten zunimmt. Das Wasser rieselt auf diesen Flächen nicht normal zur Rieselrinne, sondern, dem stärksten Hange folgend, unter einem Winkel von etwa 45 Grad herab; in dieser Richtung ist das Gefälle ein entsprechend stärkeres als in der Normalen zwischen der Riesel- und Ablaufrinne.

Die Anordnung der Rücken richtet sich nach der Terraingestaltung und der gleichfalls von dieser abhängigen Lage der Be- und Entwässerungsgräben. Ist das Terrain ganz eben und der Abfluss des

Wassers nach einer bestimmten Richtung nicht von vorn herein bestimmt, so würde die Richtung der Rücken von Norden nach Süden die empfehlenswertheste sein, da in diesem Falle beide Seitentafeln die gleiche Insolation erfahren würden. In der Praxis wird die Rückenlage jedoch zumeist nach anderen Umständen, z. B. nach der Richtung des vorhandenen Gefälles bezw. der Lage des Vorfluthrecipienten anzunehmen sein.

Besitzen die Be- und Entwässerungsgräben eine parallele Lage wie in Fig. 318, so erhalten auch die einzelnen Rücken parallele Lagen zu

Fig. 323.
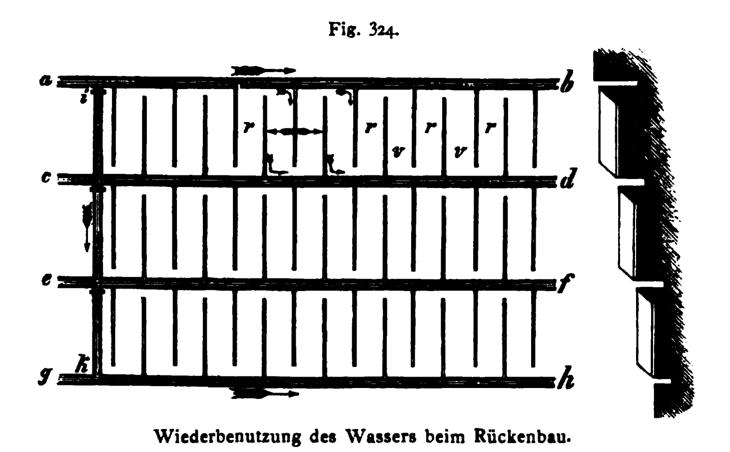


Rückenbau auf coupirtem Terrain.

einander. Bei nicht ebener Lage des Terrains müssen diese Gräben in mehr oder weniger gekrümmten Linien tracirt werden, um ihnen das erforderliche stetige Gefälle zu geben. In diesem Falle wird die Anordnung der einzelnen Rücken ebenfalls eine mehr oder weniger unregelmässige, wobei jedoch stets anzustreben ist, die Riesel- und Sammelrinnen jedes einzelnen Rückens möglichst parallel zu einander zu traciren, da nur in diesem Falle eine gleichmässige Ueberrieselung ohne Einschaltung zu vieler, die Instandhaltung und Beerntung erschwerender Regulirungsrinnen ermöglicht wird. Von den vielen in der Praxis vorkommenden Fällen sei nur ein Beispiel, welches durch Fig. 323 repräsentirt wird, ausgewählt. *a b* ist der Bewässerungs-, *c d* der Entwässerungsgraben; zwischen beiden soll eine Schicht Rücken angelegt werden. Die Gräben liegen in der Richtung der Horizontallinien; das Terrain bildet demnach eine ziemlich starke Wölbung, etwa in der Art

einer Hügelkuppe. *r r* sind die Rieselrinnen, welche das Wasser beiderseits überschlagen lassen; das abgerieselte Wasser wird durch die Entwässerungsrinnen *v v* dem Graben *c d* zugeführt. Bei dieser Anordnung würden die von der starken Krümmung des Grabens *a b* abgeleiteten Rieselrinnen mit den entsprechenden Entwässerungsrinnen derartig stark divergiren, dass die einzelnen Hangflächen oben und unten eine sehr ungleiche Breite erhielten, so dass ein normales Ueberrieseln nicht stattfinden könnte. Wesentlich besser gestaltet sich die Anordnung, wenn die auf der stärksten Wölbung des Terrains geführten Rieselrinnen *r' r'*

Fig. 324.



Wiederbenutzung des Wassers beim Rückenbau.

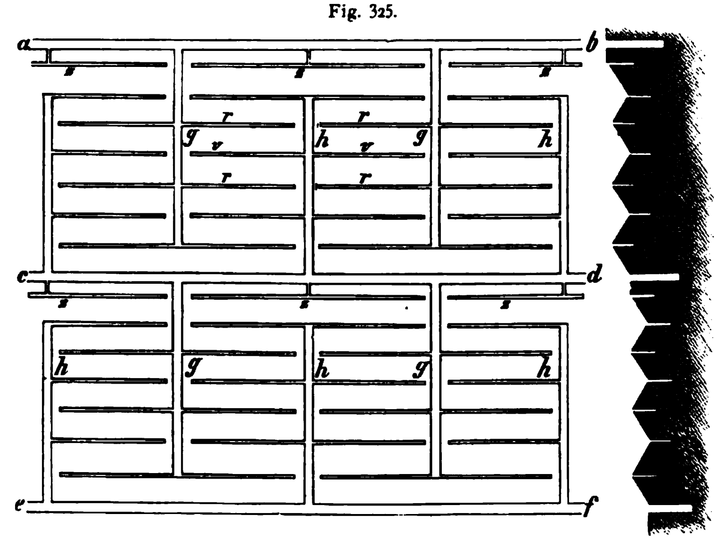
nach der Fig. 323 dargestellten Weise gespalten werden und zwischen ihnen je eine Entwässerungsrinne *v'* angeordnet wird. Hierdurch ist es möglich, die parallele Lage der Be- und Entwässerungsrinnen ziemlich vollständig einzuhalten.

Der Etagen-Rückenbau, bei welchem das von der oberen Fläche abrieselnde Wasser auf tiefer gelegenen wiederum in Verwendung kommt, bei welchem aber, wenn irgend möglich, die Einrichtung derartig zu treffen ist, dass letztere auch mit frischem Wasser aus dem Haupt-Bewässerungsgraben direct gespeist werden können, wird nach zwei verschiedenen Methoden ausgeführt. Entweder wird zwischen jeder Rückenreihe und der unterhalb folgenden ein Entwässerungs- und Transportirgraben eingeschaltet, so dass das abrieselnde Wasser sämmtlicher Rücken der oberen Etage gesammelt wird, ehe es auf die untere gelangt; oder die sehr breiten Rückenabtheilungen liegen ohne Trennung durch Sammel- bezw. Transportirgräben in Terrassen untereinander, nur getrennt durch die an der Absatzstelle erforderliche steilere Böschung. Die Zuleitung des Wassers für die in sehr beträchtlicher Länge hergestellten Etagenrücken dieses Systemes erfolgt nicht durch eine Rieselrinne auf der First des Rückens, sondern durch einen Transportirgraben von hin-

länglicher Capacität. Das erstere System wird vorwiegend als Kunstbau, das letztere als natürlicher Bau hergestellt.

Die Fig. 324 bis 326 geben einige Beispiele des ersterwähnten Systemes des Rückenbaus. In Fig. 324 ist ein Terrain mit 2 % natürlichem Gefälle angenommen worden und sollen die Rücken eine Länge von 12 m erhälten. In diesen Abständen werden in der Richtung der Horizontallinien die Gräben *a b*, *c d*, *e f* u. s. w. gezogen und wird der Raum zwischen je zwei Gräben zu einer Rückenschicht ausgebildet. *r r* sind die Rieselrinnen derselben, welche von dem oberhalb gelegenen Graben

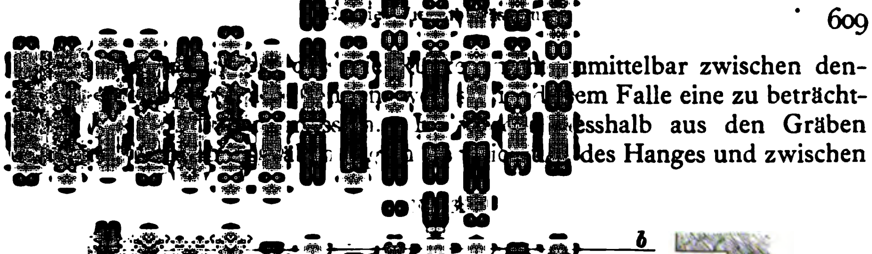
Fig. 325.



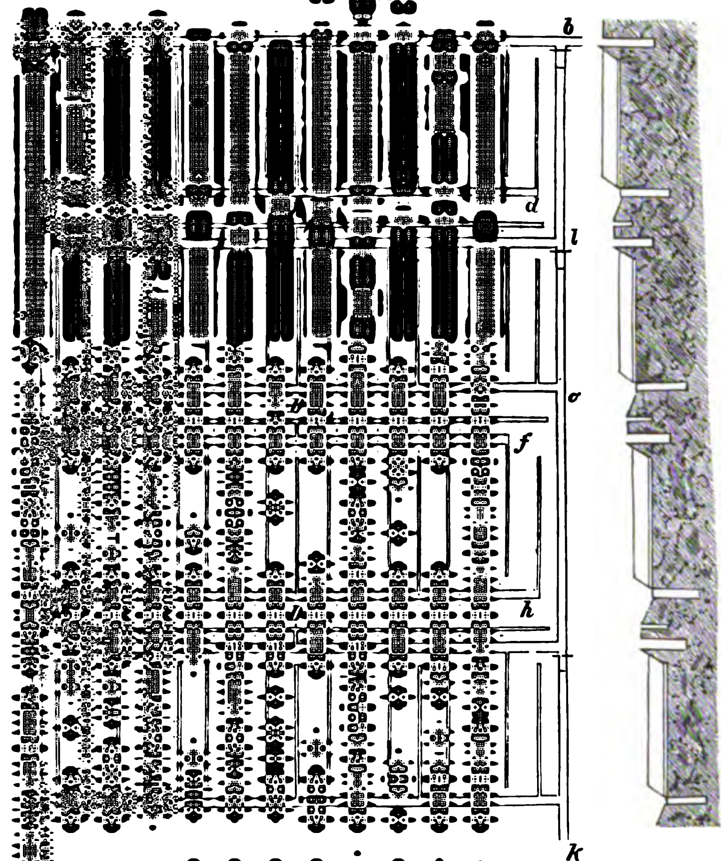
Wiederbenutzung des Wassers beim Rückenbau.

gespeist werden, *v v* die Entwässerungsrinnen, die das abgerieselte Wasser dem unteren Graben zuführen. Der Graben *c d* ist somit Entwässerungsgraben der ersten und Bewässerungsgraben der zweiten Schicht. Die einzelnen Schichten liegen, wie die Profilzeichnung darlegt, terrassenförmig unter einander; die Gräben sind derartig tief in das Terrain eingeschnitten, dass eine vollkommene Trockenlegung auch ohne besondere Entwässerungsgräben erreicht werden kann. Mittelst des Zuleitungsgrabens *i k* und der in demselben an passenden Stellen sowie in den Gräben der einzelnen Schichten anzubringenden Sperrvorrichtungen ist die Möglichkeit gegeben, jeder Schicht direct frisches Wasser zuzuführen, wobei jedoch die Bewässerung mit der untersten Schicht beginnen muss. Diese erhält auch stets das Ablaufwasser der oberen Schichten.

Wird das Gefälle ein geringeres als 2 %, so wendet man zuweilen die in Fig. 325 dargestellte Methode an. Der Abstand der einzelnen Gräben *a b*, *c d*, *e f* ist jetzt bei hinlänglichem Gefälle für jede einzelne



…unmittelbar zwischen den-
…em Falle eine zu beträcht-
…esshalb aus den Gräben
…des Hanges und zwischen



…ückenbau.

… *h h* abgeleitet; alsdann
… *r* und den Entwässerungs-
… u. s. w. an. Die Riesel-
… gespeist werden, dienen
… nicht in das System der

… dass diese Anordnung eine
… da, einen ursprünglich

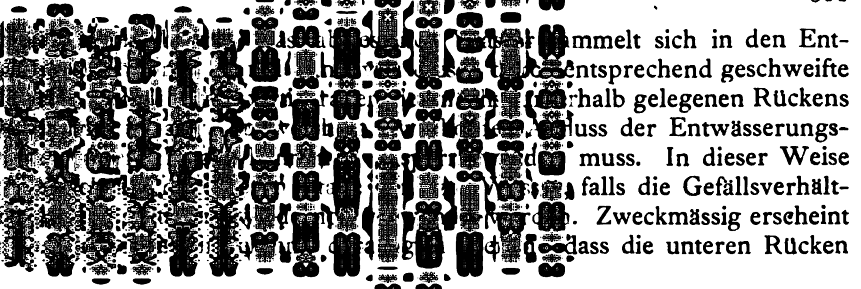
gleichmässigen Fall des Terrains vorausgesetzt, die an den oberen Theilen der Schichten abgegrabene Erde nach den unteren transportirt werden muss, um hier als Auftrag zu dienen.

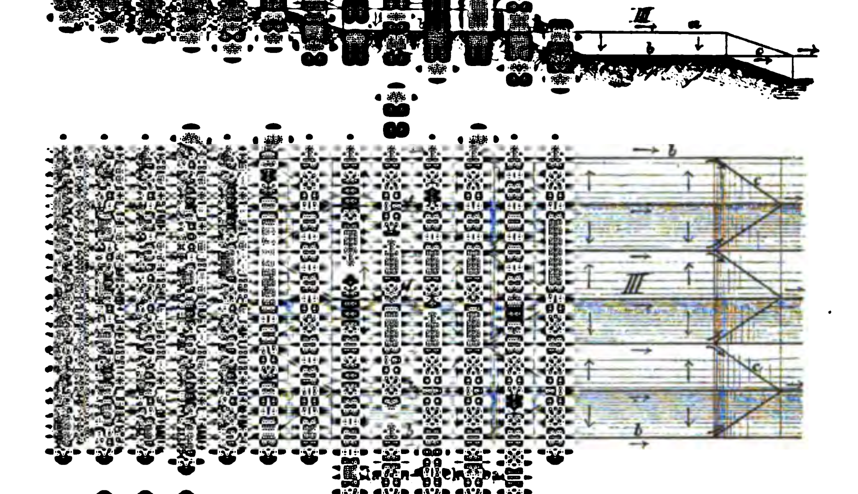
Eine andere Methode der Wiederbenutzung des Wassers bei dem Kunstrückenbau ist in Fig. 326 dargestellt. Die erste Schicht wird aus dem Bewässerungsgraben *a b* gespeist; das abgerieselte Wasser sammelt sich in dem Graben *c d*, wird um die zweite Schicht herum in den Bewässerungsgraben *e f* der dritten Schicht geführt und gelangt aus dem Entwässerungsgraben *g h* derselben wieder in den längs der Schichten geleiteten Transportirgraben *a i* sowie auf die event. vorhandene fünfte Schicht. Die zweite Schicht erhält mittelst des Transportirgrabens *b k* und des Bewässerungsgrabens *l m* frisches Wasser, welches aus dem Entwässerungsgraben *n o* auf die vierte Schicht u. s. w. geführt wird. Es leuchtet ein, dass bei dieser Anordnung jede beliebige Schicht unmittelbar mit frischem oder mit bereits benutztem Wasser gerieselt und dass ebenso die Bewässerung der einzelnen Schichten bezw. die Trockenlegung ganz nach Belieben bewerkstelligt werden kann. Bei dieser Anordnung würden die Dämme *D D* zwischen den Entwässerungs- und den darunter liegenden Bewässerungsgräben nicht bewässert werden können. Dieselben eignen sich sehr gut als Heuwege, da sie in ihrer Längenrichtung nicht von Gräben oder Rinnen geschnitten werden, können aber leicht durch Anlage schmaler Hänge in die Bewässerung einbezogen werden. Zu dem Ende ist nur die Erstellung der Rieselrinnen *p p* erforderlich, welche aus den Gräben *l m*, *e f* u. s. w. gespeist werden und das Wasser über die kleinen Hänge leiten. Die Abwässerung erfolgt in die Entwässerungsgräben *c d*, *n o* u. s. w. der oberhalb gelegenen Rückenschichten.

Aus den Profilzeichnungen der Fig. 324 bis 326 ersieht man, welche mühsame und kostspielige Grabenarbeiten und Oberflächen-Umformungen nothwendig sind, um das Project vollständig durchzuführen. Dass überdies auch in der Folge noch ein beträchtlicher Geldaufwand, Energie und Ausdauer zur Erhaltung derartiger Kunstwiesen in dem normalen Zustande gehören, muss ohne Weiteres einleuchten. Jedenfalls möchte es sich immer empfehlen, bei der Projectirung sorgfältig zu erwägen, ob der anzustrebende Erfolg nicht auf einfachere Weise erreicht werden kann und ob derartig kostspielige und nur bei geschicktester Leitung des Betriebes normal functionirende Anlagen, welche zeitweise ausserordentlich „in der Mode" waren, überhaupt eine Rentabilität in Aussicht stellen.

Die zweite Gruppe des Etagen-Rückenbaus, für sehr lange Rücken in einer Breite bis 30 m geeignet, wird durch Fig. 327 verdeutlicht. Die horizontal liegenden Rücken I, II, III u. s. w. sind, dem Gefälle des Terrains entsprechend, durch kleine abgeböschte Flächen getrennt. Auf der First der Rücken ist ein aufgedämmter Transportirgraben *a* angeordnet, welcher das Wasser für die beiderseits parallel mit demselben verlaufenden

...mmelt sich in den Ent- ...entsprechend geschweifte ...rhalb gelegenen Rückens ...uss der Entwässerungs- ... muss. In dieser Weise ... falls die Gefällsverhält- .... Zweckmässig erscheint ...dass die unteren Rücken





...nit dem bereits ein oder ...den können, um überall .... Namentlich muss aber ...den, damit nicht auf den

...n natürlichen Rückenbau. ...usgehoben und das ge- ...Mitte derartig verwendet, ...ücken richtet sich nach ...den Erdmaterial. Sobald ...age angelegt. In dieser ...Länge erhalten, wie das ...sse dies gestatten; die an- ...ndlich einen genügend ...gen wegen behinderten

Das System der natürlichen Etagenrücken, welches in neuerer Zeit wiederholt, namentlich von Dünkelberg, warm empfohlen und mit gutem Erfolge, z. B. bei den in der Folge zu erwähnenden Anlagen in Ratiboritz, zur Ausführung gebracht wurde, gewährt auch den Vortheil, dass es wegen der beträchtlichen Länge und Breite der Rücken die Beerntung mittelst Maschinen erleichtert und dass keine besonderen Heufahrten einzurichten sind, welche bei schmalen Rücken in der Regel an den Giebeln angelegt werden, indem man dort einen schwach geneigten Hang erstellt (vergl. Fig. 326).

Zu beachten ist übrigens, dass dieses System nur für Gefällsverhältnisse angezeigt ist, welche die Anlage einer Hangbewässerung nicht mehr gestatten, ferner bei mit Rücksicht auf die Breite der Rücken hinreichenden Mengen dungreichen Wassers sowie bei einem durchlassenden Untergrunde.

In Betreff der Abmessungen der Rücken ist noch folgendes hervorzuheben: Die Rückenbreite und auch die Länge der Rücken schwankt ausserordentlich; es kommen, namentlich bei wenig durchlassendem Boden, sog. schmale Rücken von nur 6 bis 7 m Breite vor; die durchschnittliche Breite derselben beträgt 10 bis 12 m. Wie bereits dargelegt, steht die Länge der Rücken in innigem Zusammenhange mit der Breite derselben und dem Terraingefälle; durchschnittliche Längen sind 25 m, die geringsten vorkommenden 12 m, die grössten in der Regel 50 m. Bei den Rückenbauten der italienischen Winterwiesen kommen jedoch auch Rücken von 100 m Länge vor.

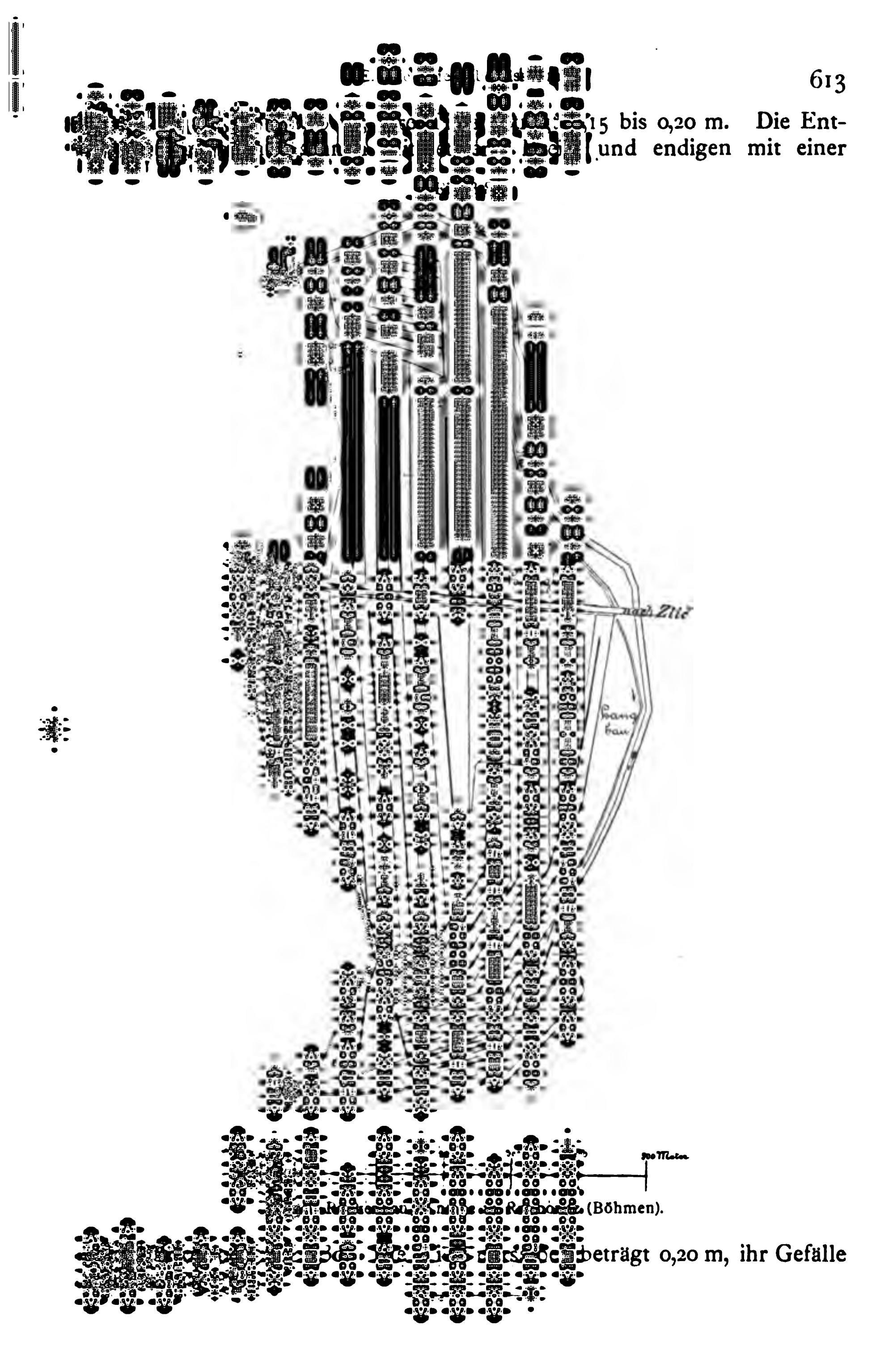
Bei schmalen Rücken empfiehlt es sich, zum Zwecke der vortheilhaftesten Beerntung die Breite der Flächen theilbar durch die Schwadbreite, d. i, 1,8 bis 2 m, zu machen. Es würde danach ein Rücken, welcher in zwei Schwaden auf jeder Seite gemäht wird, folgende Breite erhalten:

4 Schwaden à 1,80 bis 2 m	7,20	bis	8,00 m,
Breite der Rieselrinne	0,20	„	0,25 „
Breite einer (halbe Breite zweier) Entwässerungsrinne	0,20	„	0,25 „
Zusammen	7,60	bis	8,50 m.

Im Durchschnitte ergiebt sich demnach 8 m Breite für derartig schmale Rücken, welche in je zwei Schwaden auf beiden Seiten gemäht werden. Für drei, vier u. s. w. Schwadbreiten wären stets 3,60 bis 4 m, 7,20 bis 8 m u. s. w. hinzuzurechnen.

Die Rückenbreite der breiten Rücken variirt zwischen 16 m (italienische Marcita) und 30 m (Etagenrücken). Die Rieselrinnen erhalten eine anfängliche Breite von 0,20 bis 0,24 m und verjüngen sich

…15 bis 0,20 m. Die Ent-
… und endigen mit einer



… (Böhmen).

… beträgt 0,20 m, ihr Gefälle

Während in Fig. 301 (Seite 561) die Bewässerungsanlage eines grösseren Complexes in natürlichem Hangbau dargestellt wurde, zeigt Fig. 328 die Anlage in Ratiboritz (Böhmen), vorwiegend im natürlichen Etagen-Rückenbau, nach Plänen von Dünkelberg ausgeführt. Die Rücken besitzen eine sehr verschiedene Länge und zwar im unteren Theile der Anlage von über 450 m. Die Bewässerungsrinnen sind in der Zeichnung mit feinen, die Entwässerungsrinnen mit starken Linien angegeben; am unteren Theile der Anlage wechseln die Rückenflächen aus, derartig, dass die Entwässerungsrinne in die Bewässerungsrinne der anschliessenden Etage übergeht. Die verwallten Transportirgräben besitzen auf der Sohle ein Gefälle von 1 pro Mille. Das Material zur Aufdämmung dieser Gräben wurde aus den Entwässerungsgräben gewonnen, welche so breit angelegt sind, dass durch das ausgehobene Material der Bedarf für den Auftrag gedeckt wurde. Die Entwässerungsgräben sind 0,4 m tief, besitzen 0,3—0,4 m Sohlenbreite und eine 4 bis 5fache Böschung. Diese flach geböschten Gräben gehen für den Graswuchs nicht verloren und machen auch Brücken unnöthig, da sie von dem Heuwagen, der Mähemaschine u. s. w. übersetzt werden können. Das abgerieselte Wasser findet eine 4 bis 5 malige Wiederbenutzung. Die Grösse der Fläche, welche in Rückenanlagen und an den Begrenzungen zu Hängen eingerichtet wurde, beträgt 58 ha.

Der Haupt-Zuleitungsgraben, welcher das Wasser der Aupa entnimmt, führt nahezu 1 cbm Wasser pro Secunde. Zur Stauung und Vertheilung des Wassers sind nur sehr wenig Schleusen vorhanden; alle Rinnen sind, um dies zu ermöglichen, mit schwachem Gefälle angelegt. Die gleichmässige Bewässerung erfordert einen sehr aufmerksamen Rieselmeister, der bei dem wechselnden Wasserzuflusse durch einfache Stauvorrichtungen, z. B. eingesetzte Steine, einfache Staubretter oder Rasenstücke, wo es nöthig sein sollte, nachhilft.

Die Kosten der Anlage sollen sich beim Hangbau auf 40 Gulden, beim Rückenbau auf 100 Gulen pro Hektar beziffern, wobei nur die wichtigsten Planirungen mit eingerechnet wurden.

3. Drainirte Rieselwiesen.

Eine Rieselwiese sollte nur in dem Falle drainirt werden, dass die Trockenlegung mittelst der Drainage überhaupt angezeigt ist. Die Anlage einer drainirten Rieselwiese hat sich also auf Böden zu beschränken, welche nass oder zum Mindesten feucht sind, die einen wenig durchlassenden Untergrund besitzen und denen die für die Drainage erforderliche Vorfluth geschafft werden kann. Man drainirt derartige Wiesen in verschiedener Weise und zwar mit Hilfe der gewöhnlichen Ackerdrainage oder indem man eine speciell der Bewässerung angepasste Art der Drainage, das Petersen'sche System, benutzt.

Die gewöhnliche Drainage.

Der Anwendung der gewöhnlichen Ackerdrainage bei Wässerungswiesen stehen manche Bedenken entgegen. In erster Reihe ist darauf hinzuweisen, dass die Wiesenpflanzen weit mehr Wasser zu ihrer Ent-

wicklung bedürfen als die vorwiegend auf dem Acker angebauten Culturgewächse, namentlich Getreide und Hackfrüchte. Es steht somit immer zu befürchten, dass das Drainnetz dem Wiesenboden zu viel Feuchtigkeit entziehen werde und dass somit die Bewässerung, falls dieselbe einen guten Erfolg gewährleisten soll, mittelst erheblich vermehrter Wassermengen stattfinden müsste.

Ist der Boden bis zu den Drains trocken und findet nunmehr eine Ueberrieselung statt, so sickert das Wasser in den Boden ein, füllt die sämmtlichen Hohlräume desselben an und gelangt alsdann in die Röhren. Befinden sich unmittelbar über den Drains Gräben oder Rinnen und ist der Boden von lockerer Beschaffenheit, so strömt das Wasser durch die Grabensohle und die in Folge der Drainage entstandenen Bodenrisse ausserordentlich schnell in die Röhren, so dass das zur Bewässerung erforderliche Quantum erheblich vermehrt werden müsste. Man hat diesen Uebelstand dadurch zu vermindern gesucht, dass man die Drainstränge nicht unmittelbar unter die Gräben oder Rinnen legte und wo die Kreuzung eines Drains mit einer Rinne unvermeidlich war, die direct unter der Rinne befindlichen Röhrenstösse mittelst Muffen dichtete.

Man kann das schnelle Abfliessen des Drainwassers durch Einschaltung eines Stauwerkes im Vorfluthgraben verzögern, sobald dieser den Wasserstand in letzterem entsprechend erhöht.

Selbstverständlich erstreckt sich die Stauwirkung nur bei geringem Gefälle des Terrains auf eine längere Strecke (vgl. Fig. 220, Seite 384), so dass diese Regulirung des Abflusses ausschliesslich bei ebener Lage der Wiesen möglich ist.

Die gewöhnliche Ackerdrainage kann demnach nur eine beschränkte Anwendung bei Wasserwiesen finden und ist in den meisten vorkommenden Fällen ihre Combination mit der Wässerung nicht zweckmässig.

Um das System an einigen Beispielen zu illustriren, ist in Fig. 329 eine von Vincent eingerichtete drainirte Rieselwiese dargestellt. Die Wiese wird einerseits durch einen kleinen Bach, andererseits durch den aus diesem abgeleiteten, in der Zeichnung dargestellten Mühlgraben *a b* begrenzt. Der Boden der Wiese wird beim Ansteigen des Baches versumpft, da in Folge von unterhalb in dem letzteren und dem Mühlgraben angebrachten Stauwerken der Abfluss des Wassers verzögert wird. Die Lage der aus einem leichten, torfigen Boden bestehenden Wiesenfläche von etwa 40 ha Grösse ist fast ganz horizontal; das Gesammtgefälle beträgt nur 0,20 m.

Zum Zwecke der Vorfluthbeschaffung wurde quer durch die Wiese der Haupt-Entwässerungsgraben *c d* von 1,50 m Tiefe erstellt, welcher entsprechend weit unterhalb in den Mühlgraben eingeführt wurde. In diesen Graben wurden die Entwässerungsgräben zweiter Ordnung *e*, *f*, *g* und *h* von gleicher Tiefe eingeleitet und konnten in diesen die Sammeldrains ausmünden.

Die Saugdrains, in der Zeichnung durch einfache punktirte Linien dargestellt, erhielten bei der horizontalen Lage des Terrains dadurch das erforderliche Gefälle, dass sie am oberen Ende 0,90 m, am unteren 1,10 m tief

gelegt wurden; ihre Weite betrug 0,03 m. Die Länge der einzelnen Röhrenstränge wurde mit Berücksichtigung der Menge des abzuführenden Wassers auf 60 m bestimmt; die Entfernung derselben von einander konnte bei dem

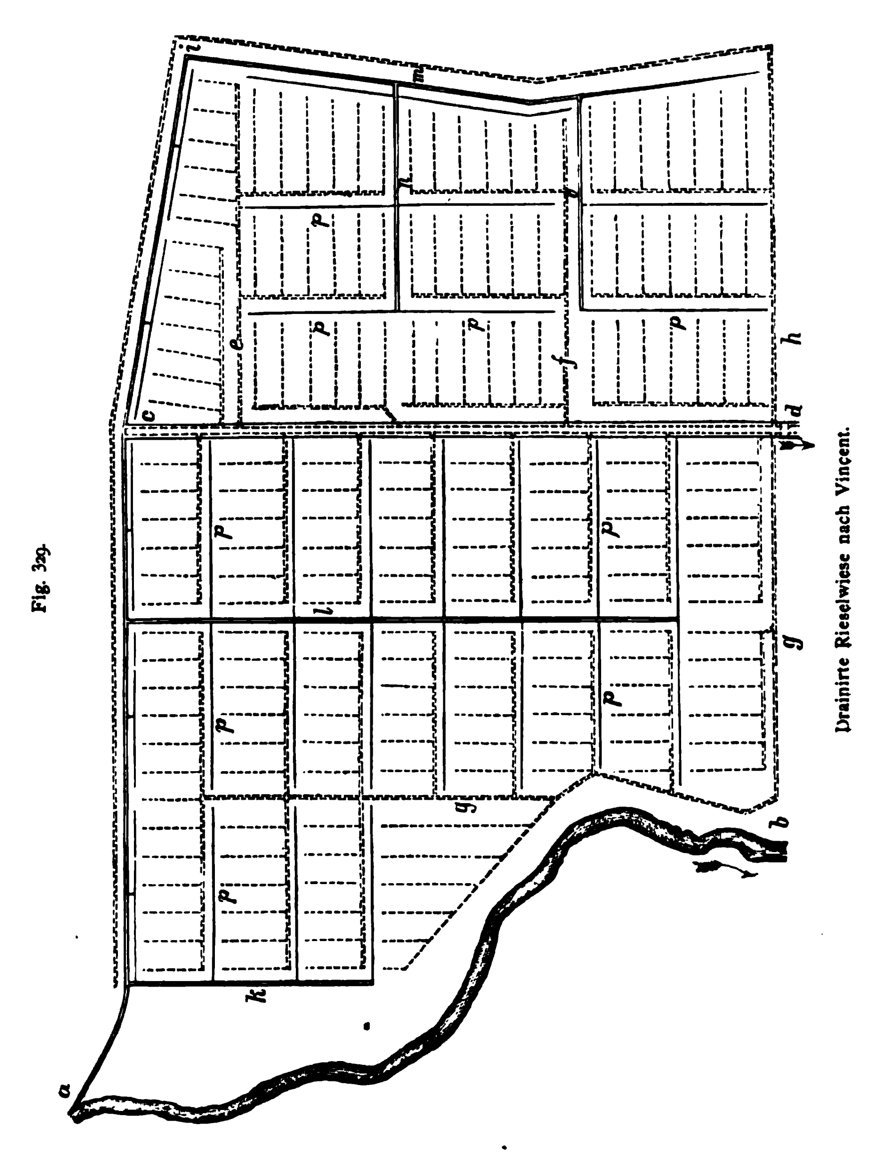


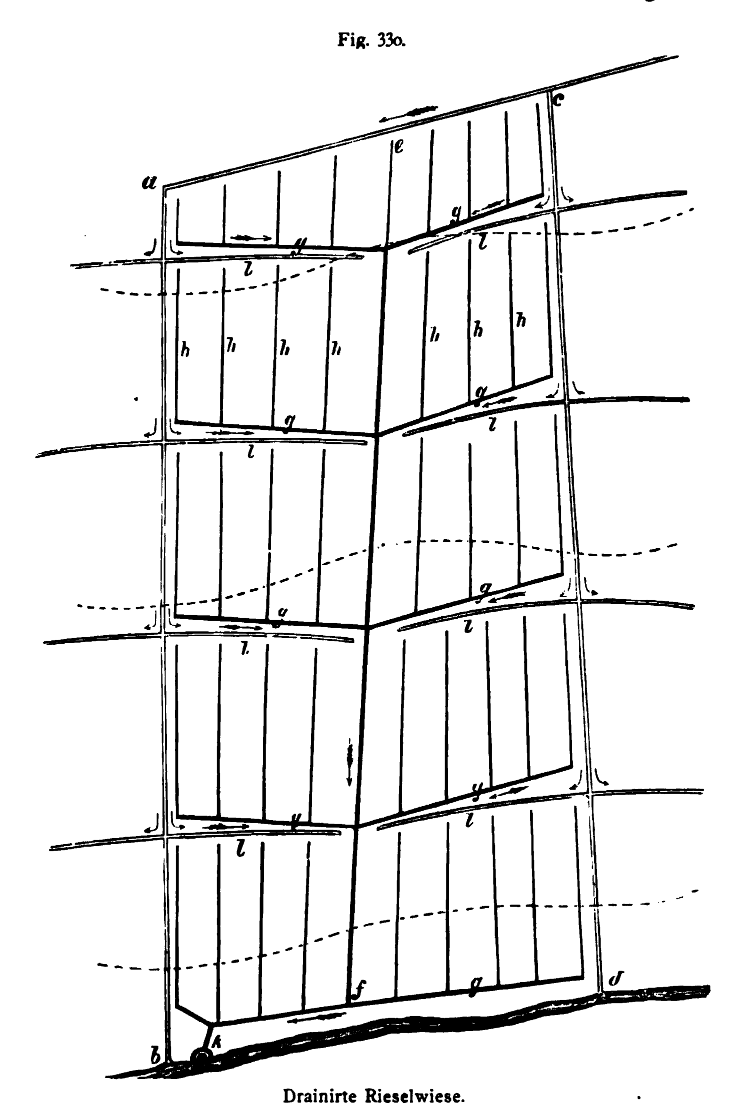
Fig. 329.

Drainirte Rieselwiese nach Vincent.

sehr durchlassenden Boden auf 22,60 m gewählt werden. Entsprechend der angegebenen Länge der Saugdrains wurde die Wiese in Tafeln von etwa 70 m Breite getheilt, welche eine Länge von 150 m erhielten. Die Sammeldrains,

von 0,05 und 0,08 m Weite, in der Zeichnung durch doppelte (eng) punktirte Linien dargestellt, konnten in dieser Weise je sechs Saugdrains aufnehmen; sie erhielten am Ausflusse in die offenen Gräben eine Tiefenlage von 1,40 m

Fig. 330.



Drainirte Rieselwiese.

und somit das hinlängliche Gefälle. Der Flächeninhalt eines jeden Drainsystemes betrug somit etwa 1 ha.

Das Bewässerungsnetz konnte sich bei der ebenen Lage des Terrains vollständig dem Drainplane anschliessen. Der Haupt-Zuleitungsgraben *a i*,

bei *a* mit einer Schleuse versehen, zweigt die Vertheilungsgräben *k*, *l*, *m*, *n* und *o* ab, welche die kleinen, durch einfache Linien dargestellten Wässerrinnen *p p* speisen. Die Wasservertheilung ist eine derartige, dass jede Tafel von 1 ha Fläche einen mittleren Zufluss von 12 l pro Secunde erhält. Das Wasser überrieselt die unterhalb der Rinnen liegenden Flächen und wird von den Drains abgeleitet.

Die Thätigkeit der letzteren wird dadurch ermässigt, dass bei starkem Zuflusse das Wasser in dem Vorfluthgraben von selbst steigt und damit das Gefälle des Drainsystemes vermindert wird. Bei geringerem Zuflusse wird mittelst der in dem Vorfluthgraben bei *d* befindlichen Stauschleuse das Profil des Grabens derartig verengt, dass das Wasser in dem Graben zu der dem Bedürfnisse entsprechenden Höhe angespannt wird.

Fig. 330 (nach einer französischen in dem Cossigny'schen Werke dargestellten Anlage) zeigt gleichfalls eine drainirte Rieselwiese. Die punktirten Linien bezeichnen die Schichtenlinien des Terrains; es ergiebt sich aus denselben, dass sich in den Richtungen *a b* und *c d* die Firstlinien schwacher Terrainwölbungen befinden, während *e f* die Linie des Thalweges bezeichnet. In dieser letzteren wurde ein Hauptdrain tracirt, welcher die Sammeldrains *g g* der einzelnen Systeme aufnimmt. Letztere erhalten dadurch das erforderliche Gefälle, dass sie nicht vollständig parallel den Horizontallinien, sondern an ihren unteren Enden um ein Geringes abfallend gelegt sind. In die Sammeldrains *g* münden die in der Richtung des stärksten Gefälles liegenden Saugdrains *h h*. Das aus dem Drainnetze abfliessende Wasser gelangt bei *k* in den kleinen Bach *d b*, welcher dem Terrain die Vorfluth liefert.

Die Zuführung des Bewässerungswassers erfolgt durch den Graben *c a*, aus welchem sich die Vertheilungsgräben *a b* und *c d*, auf den Firstlinien geführt, abzweigen. Diese führen den Rieselrinnen *l l* das Wasser zu. Der Abstand der Rieselrinnen von den oberhalb geführten Sammeldrains beträgt, auf der Terrainfläche gemessen, 1,50 bis 2 m, so dass ein directes Versickern des Wassers aus den Rinnen in die Drains nicht stattfinden kann. Die oberen Enden der Saugdrains *h* liegen etwa 2 m von der Rieselrinne der betreffenden Tafel entfernt.

Das Petersen'sche System.

Das von Petersen in Wittkiel bei Cappeln (Schleswig) erfundene Wiesenbau-System unterscheidet sich von der eben besprochenen Combination der Ackerdrainage mit einer Oberflächen-Bewässerung dadurch, dass

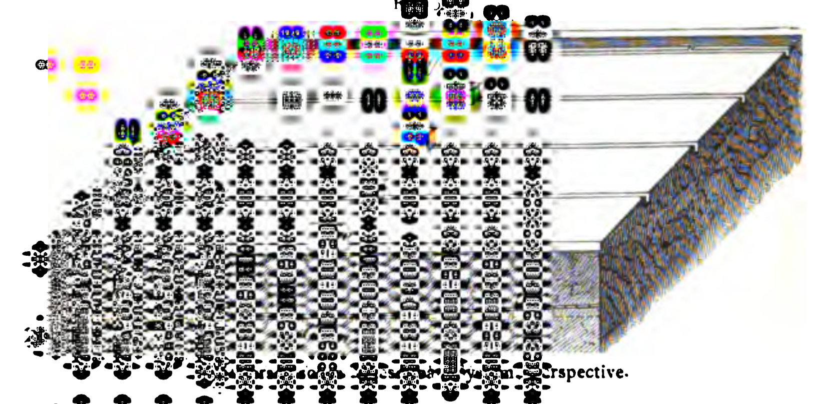
1) an den Einmündungen der Saugdrains in den Sammeldrain Schliessvorrichtungen zur beliebigen Sistirung der Wirkung der Drains angebracht sind und

2) die Saugdrains nicht im stärksten Gefälle des Terrains, sondern in der Richtung der Schichtenlinien, die Sammeldrains dagegen im stärksten Gefälle liegen.

Die Vorbedingungen für die Anlage von Bewässerungen nach Petersen'schem Systeme sind, dass der Boden drainagebedürftig und drainagefähig ist; letzteres bedingt, dass dem abfliessenden Wasser stets die erforderliche Vorfluth geschafft werden kann. Ferner verlangt das System die Möglichkeit einer Zuleitung von Wasser auf die Ober-

[illegible] bei den gewöhnlichen, [illegible]

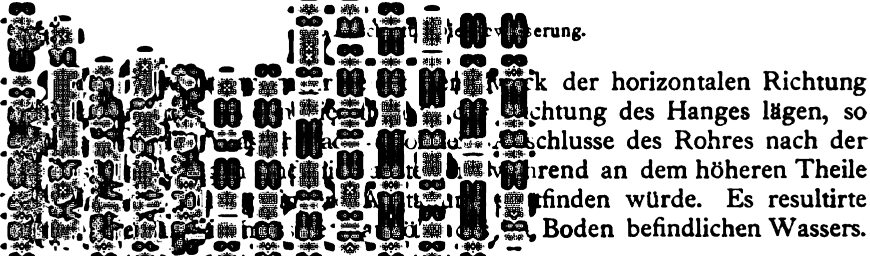
[illegible] einer nach dem Peter- [illegible] lich. *a* ist der Sammel- [illegible] gdrains *b b* einmünden. [illegible] Terrains, mit schwachem [illegible] nteren Theiles beschafft [illegible] s mit dem Sammeldrain [illegible] n Handhabung ein Tage- [illegible] ch eine Vorrichtung zum [illegible]



[illegible] rspective.

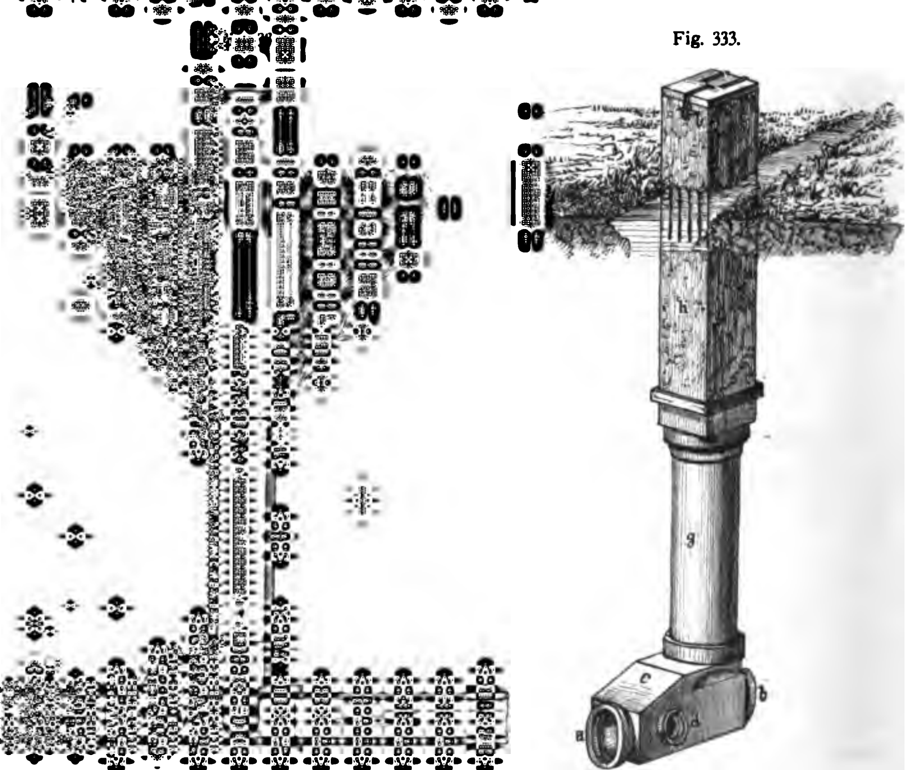
[illegible] nge liegenden Oberfläche, [illegible] *f* ist der Bewässerungs- [illegible] wird. Das überrieselnde [illegible] rausgesetzt, dass derselbe, [illegible] Voraus gehörig mürbe ge- [illegible] auf das Grundwasser oder [illegible] nd gelangt in die zunächst [illegible] uss aus denselben in den [illegible] r in dem Boden anstauen; [illegible] orrichtung ermöglicht, so [illegible] aus den Poren abziehenden [illegible] Folge des Oeffnens der [illegible] s bewirkt wird.

[illegible] folgende Sperrvorrichtung [illegible] le füllt es die betreffende [illegible] n Oberflächen - Rieselung [illegible] am Abfliessen verhindert [illegible] t dieses weiter abwärts in [illegible] len u. s. f.



…k der horizontalen Richtung
…chtung des Hanges lägen, so
…chlusse des Rohres nach der
…hrend an dem höheren Theile
…tfinden würde. Es resultirte
… Boden befindlichen Wassers.

Fig. 333.



v. Raumer'sches Ventil; Perspective.

…ebrigen die nämliche wie bei
…schiede, dass das Wasser nur
…n den betreffenden Saugdrain
…leichmässig von beiden Seiten
…h die Drainage eine wirksame
…s erzielt werden soll, ein be-
…zelnen Saugdrains als bei der

…uzungsstellen der Saug- und
…nannigfaltige; in neuerer Zeit

fand jedoch vorwiegend das in Fig. 332 und 333 dargestellte v. Raumer'sche Ventil Verwendung. Dasselbe, aus hart gebranntem Thon hergestellt, communicirt mit dem Sammeldrain *a b*, während bei *d* beiderseits Muffen zur Einleitung der Saugdrains angebracht sind. Sobald das Ventil *e* mittelst der Zugvorrichtung *f* herabgelassen ist, wird die Communication zwischen *a* und *b* aufgehoben. Auf dem Ventilkörper ist das Thonrohr *g* aufgesetzt, an welchem sich der hölzerne, über dem Terrain hervorragende Kasten *h* anschliesst. Durch den Canal *i* communicirt der obere Theil *a* des Sammeldrains mit dem Steigrohre. Das Ventil *e* bewirkt somit einen doppelten Verschluss; ausser dass es dem Wasser den Weg von *a* nach *b* versperrt, verhindert es auch das Abfliessen von Wasser durch *b*, falls solches durch die in dem Tagrohre angebrachten Schlitze eintreten sollte. Der Zweck derselben ist lediglich, nach Beendigung der Bewässerung die Rieselrinnen, in deren Höhe die Schlitze angeordnet sind, in das Drainsystem entleeren zu können.

Der Sammeldrain wird von *b* an auf 4 bis 5 m vom Ventile abwärts mit Muffen versehen, die mit Cement gedichtet werden. Zweck dieser Anordnung ist ein mehrfacher: das bei geschlossenem Ventile von dem Drainstrange abgesperrte Wasser, welches nunmehr unterirdisch weiterfliesst, könnte sonst unterhalb des Ventiles durch die Stossfugen in das Rohr gelangen und schnell abgeleitet werden, was durch das Abdichten desselben auf einer längeren Strecke verhütet werden soll. Ferner werden durch den längeren, geschlossenen Rohrstrang Senkungen einzelner Theile desselben verhindert, die andernfalls in Folge von Unterspülung des Bodens in der Nähe des Ventiles bei gestautem Wasser leicht eintreten könnten.

Die Anzahl der in dem Sammeldrain einzuschaltenden Ventile hängt von dem Gefälle des Stranges ab; je geringer dasselbe ist, desto weiter nach aufwärts erstreckt sich ihre Stauwirkung, desto kleiner kann mithin die Anzahl der Ventile ausfallen. Es ist nicht erforderlich, dass sich an jeder Einmündungsstelle der Saugdrains in den Sammeldrain ein solches befindet.

Bei dem Petersen'schen Wiesenbau-Systeme kann das Wasser beliebig lange in dem Untergrunde gehalten werden, da dasselbe erst beim Oeffnen der Ventile aus demselben abfliesst. Innerhalb gewisser Grenzen kann auch das Grundwasser derartig angestaut werden, dass es von unten her in den Bereich der Pflanzenwurzeln gelangt, wobei gleichzeitig durch die Oberflächen-Berieselung eine Wasserzufuhr bewerkstelligt werden kann. Es sichert dies einen sehr ökonomischen Wasserconsum, welcher nach den Ermittlungen von Turrentin auf 12 l pro Hektar und Secunde angenommen werden kann.

Das Anstauen des unterirdischen Wassers mit Hilfe der Schliessvorrichtungen macht übrigens besondere Vorsicht nöthig, da der Untergrund zuweilen lösliche Bestandtheile enthält, welche, den Pflanzenwurzeln

zugeführt, dem Gedeihen derselben schädlich sein können, wie z. B. manche Eisenverbindungen.

Eine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit des Petersen'schen Systemes besteht darin, dass man im Stande ist, mittelst desselben den Boden beliebig oft und in energischer Weise durchlüften zu können. Die hieraus resultirende Bodenverbesserung tritt um so deutlicher hervor, je öfter man während der Bewässerungsperiode mit dem Anstauen und dem Ablassen des Wassers wechselt. Petersen empfiehlt, das letztere stets nach 24 Stunden einmal zu bewerkstelligen. Durch die in den Boden eindringende Luft wird derselbe erwärmt und ihm Sauerstoff bis tief hinein zugeführt, wodurch die Vegetation angeregt und die Pflanzennährstoffe assimilirbar gemacht werden.

Es mögen hier noch einige specielle Angaben über die Ausführung der Petersen'schen Wiesen folgen.

Die Entfernung der Saugdrains soll, selbst bei sehr flacher Lage des Terrains, nicht mehr als 12 m betragen. Die Tiefe derselben ist nach denselben Grundsätzen zu bestimmen wie bei der Ackerdrainage. Falls die hierzu erforderliche Vorfluth vorhanden ist, so empfiehlt sich eine Tiefenlage von 1,25 m; nur bei in grösserer Tiefe vorhandenem Grundwasser sind die Röhren womöglich in die wasserführende Schicht zu legen. Ebenso gelten für die Weite der Röhren die gewöhnlichen Regeln; bei starkem Zuflusse von Grundwasser wählt man etwas weitere Röhren. Ist letzteres nur in geringem Masse vorhanden, so genügen für die ersten 30 m der Saugdrains Röhren von 0,04 m Lichtweite und für den Rest solche von 0,05 m. Die Weite der Sammeldrains muss in jedem Falle durch Rechnung und zwar nach den im III. Abschnitte Seite 393 gegebenen Regeln bestimmt werden.

Die practische Herstellung einer Petersen'schen Wiese geschieht zweckmässig in folgender Weise: Zuerst wird die Drainirung bewerkstelligt und zwar im Herbste derartig frühzeitig, dass der drainirte Boden noch vor dem Eintritte des Winters einer gründlichen mechanischen Bearbeitung unterworfen werden kann. Bei sehr nassem Terrain wählt man die trockenste Jahreszeit zu dieser Arbeit. Gleichzeitig mit der Ausführung der Drainage erfolgt das Einsetzen der Ventile. Hierbei ist besonders auf eine sichere Stellung der Kästen zu achten; dieselben werden zu diesem Zwecke am besten in Lehm gebettet. Das aus dem Ventile abwärts führende Rohr wird, wie bereits erwähnt, auf eine Strecke von 4 bis 5 m mit Muffen versehen, welche mit eingegossenem Cement gedichtet werden. Beim Legen dieses Rohres muss namentlich für eine feste Unterlage Sorge getragen werden. Das aus dem Ventile aufrecht geführte Thonrohr wird fest eingestampft und gut zugedeckt; alsdann werden der Ventilsitz und die sämmtlichen Gräben wieder mit der ausgeworfenen Erde angefüllt.

Nach der Ausführung der Drainage werden die gröberen Planirungsarbeiten vorgenommen, der Abtrag grösserer Hügel und die Ausfüllung von Mulden. Bei der Erstellung des Planes ist bereits darauf hinzuarbeiten, dass so wenig wie möglich derartige Arbeiten vorkommen. Die Auffüllungen

müssen möglichst bald vorgenommen werden, damit rechtzeitig eine gehörige Lagerung des aufgebrachten Materials eintritt. Hierauf werden sofort die nothwendigen Zuleitungsgräben erstellt.

Petersen legte bei seiner Methode besonderen Werth auf die Vorbereitung des Bodens, zu welcher sich viele Wiesenbau-Techniker nicht die Zeit lassen. Nach der Ausführung der Drainage und der gröberen Planirungsarbeiten im Spätherbste wird der Boden umgebrochen und möglicht gelockert, damit Feuchtigkeit, Frost und die atmosphärische Luft ihre wohlthätigen Wirkungen auf den Boden ausüben können. Jedoch nur in den wenigsten Fällen genügt diese Behandlung, um den Boden in geeigneten Zustand zur Hervorbringung der besseren Wiesengräser zu versetzen. Namentlich ein vorher versumpfter Boden bedarf einer längeren Bearbeitung, wodurch jedoch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, den Boden im ersten Jahre in geeigneter Weise auszunutzen. Es ist sogar zweckmässig, denselben im Frühjahre mit einer Sommerfrucht zu bestellen, weil hierdurch am besten die etwa noch vorhandenen schädlichen Pflanzen beseitigt werden. Petersen bestellte desshalb jeden drainirten Boden, welcher zum Grasbau nach seiner Methode verwendet werden soll, zunächst mit Mengkorn oder einer Blattfrucht, wodurch die Kosten der Drainirung und Bodenbearbeitung schon zum Theil eingebracht werden. Hierdurch wird aber vornehmlich der Boden in den bestmöglichen Zustand der Mürbigkeit versetzt, welcher für das Gedeihen der Süssgräser nothwendig ist.

Nach der Aberntung der Sommerfrucht findet im Herbste und im darauf folgenden Frühjahre eine wiederholte Bodenbearbeitung statt, mit welcher die etwa noch mangelnden gröberen Planirungsarbeiten vorgenommen werden. Erforderlichen Falls, z. B. in saurem Moorboden, würde jetzt auch eine Behandlung mit Mergel ausgezeichnete Dienste leisten, eine Melioration, welche sich in der Regel in kürzester Zeit bezahlt macht.

Die nächstfolgende Arbeit ist das Aufsuchen der Ventilstellen, welche am besten vorher zu bezeichnen sind. Ueber denselben werden, um die Communication herzustellen, die Vertheilungsrinnen in horizontaler Richtung ausgehoben. Man sucht zu diesem Zwecke, von den Ventilpunkten ausgehend, mit dem Nivellirinstrumente die horizontalen Linien und erstellt in denselben die Gräben. Dieselben erhalten in der Regel eine Tiefe von 0,10 m bei 0,25 m Breite. Zwischen je zwei Rinnen wird jetzt die feinere Planirungsarbeit vorgenommen, welche ohne grosse Erdbewegung von Statten geht, wenn die Rinnen genau horizontal gelegt sind und das Terrain nicht zu coupirt ist. Diese Arbeit muss mit grosser Sorgfalt ausgeführt werden, damit das Wasser von einem Hange zum folgenden durchaus gleichmässig überschlagen kann und jeden Theil der Hangfläche in gleicher Stärke berieselt.

Zu gleicher Zeit wird auch das Einsetzen der mit einem Theeranstriche versehenen Ventilkästen bewerkstelligt.

Der practische Erfolg des Systemes ergab sich überall da, wo dasselbe angezeigt war, also namentlich auf drainagebedürftigem, schwer durchlassendem Boden, ferner bei correcter Durchführung und einer sorgsamen Behandlung der Anlagen, als ein durchaus günstiger. Die Kosten der Petersen'schen Wiesenanlage sind wohl erheblich höhere als diejenigen des natürlichen Wiesenbaus, aber im Allgemeinen niedriger als die des

Kunstbaus. Die Entwässerung ist eine sehr vollkommene und für gleichen Erfolg die Menge des erforderlichen Rieselwassers geringer als bei den nicht drainirten Rieselwiesen. Es steht auch nichts entgegen, die Anlagen nach dem Petersen'schen Systeme als Weiden oder Wechselwiesen zu benutzen.

Wenn trotz dieser günstigen Eigenschaften das Petersen'sche System nicht diejenige Verbreitung gefunden hat, welche ursprünglich erwartet wurde, so liegt dies an mehrfachen Umständen. Vor Allem daran, dass man in neuerer Zeit mit vollem Rechte die weniger kostspieligen und geringere Pflege erfordernden Wiesenbau-Systeme, wie je nach den Verhältnissen die Stauberieselung, den natürlichen Hang- und Rückenbau mehr bevorzugt, namentlich in dem Falle, dass es sich um ausgedehntere Anlagen handelt.*)

---

4. Charakteristik der Siegener und lombardischen Wiesenanlagen.

1) Die Siegener Wiesenanlagen. Der im Kreisen Siegen (Westfalen) übliche Wiesenbau wurde daselbst bereits um die Mitte des vorigen Jahrhundertes durch den Bürgermeister Albert Dressler zu Siegen eingeführt. Die Verhältnisse, unter welchen der Siegener Wiesenbau sich in so überaus günstiger Weise entwickeln konnte, waren im Wesentlichen folgende:

Die Flussthäler der Sieg und der Dill besitzen bei starkem Hauptgefälle ein nur schwaches Seitengefälle und eine Breite von 80 bis 400 m. Die Thalflächen sind zumeist dem Wiesenbau gewidmet und zwar enthält der Kreis Siegen 2750 ha Wald, vorwiegend an den Berghängen bis zur Thalfläche, 8200 ha Acker und 6000 ha Wiesen. Die Bevölkerung ist in Folge des lucrativ betriebenen Bergbaus und Hüttenwesens eine sehr dichte; die Werkbesitzer betreiben nebenbei fast durchweg Landwirthschaft und legen von Alters her den grössten Werth auf eine reiche Futtererzeugung, wozu ihnen die Wiesenbewässerung vortreffliche Dienste leistet.

Es finden sich hier die drei für die Bewässerung der Wiesen gleich wichtigen Factoren, Boden, Wasser und Klima, unter derartig günstigen Bedingungen, dass die grossen Kosten, welche für den Umbau und die Herstellung der Kunstwiesen verwendet werden, in der That gerechtfertigt erscheinen. Der Erfolg des Siegener Wiesenbaus ist namentlich den günstigen Bodenverhältnissen, wie der leichten Verwitterung des dortigen Gesteines, des Schalsteins oder Schalsteinschiefers, eines oft Hornblende oder Chlorit enthaltenden Thonschiefers mit Kalkspathknoten, zuzuschreiben. Das zertrümmerte Gestein bildet eine sehr fein vertheilte, poröse Erde, welche, mit dem Wasser fortgeschwemmt, den Wiesenboden bildete und

---

*) Im Uebrigen hat wohl auch die Literatur über dieses System, namentlich die dasselbe befürwortende, Vieles dazu beigetragen, die Landwirthe vor der Anlage Petersen'scher Wiesen abzuschrecken.

noch weiter auf demselben abgelagert wird. Das Wasser ist sehr reich an diesen fruchtbaren Sinkstoffen, welche sich in derartiger Stärke auf den Wässerwiesen ablagern, dass sich diese hierdurch um 25 mm jährlich erhöhen, so dass selbst bei beträchtlich hoher Lage der Bewässerungscanäle die Wiesen im Laufe der Zeit, gewöhnlich nach 20—25 Jahren, „über das Wasser kommen" und alsdann umgebaut werden müssen. Trotz dieser Masse mit dem Wasser mitgeführten Schlickes gilt es im Siegenschen als Regel, die Wiesen so reichlich wie möglich zu düngen.

Die Form des Siegener Wiesenbaus ist zumeist der Kunstbau und zwar bei einem Gefälle des Terrains von 3 % und darüber der künstliche Hangbau, bei geringerem Gefälle der Rückenbau. Ersterer ist im Principe nach Fig. 306 (Seite 590) angeordnet; besondere Entwässerungsrinnen nach Fig. 307 kommen nicht in Anwendung. Der Abstand der einzelnen Rieselrinnen von einander beträgt 5 bis 8 m. Der Rückenbau findet im Siegenschen eine sehr umfassende Verwendung und zwar werden stets schmale und kurze Rücken angelegt. Auf der First derselben ist eine beiderseits überschlagende Rieselrinne angeordnet. Die Breite der Rücken beträgt im Durchschnitte 7 bis 10 m; die grössere Breite kommt jedoch nur bei reichlichem und sehr gutem Wasser in Verwendung. Die Länge der Rücken variirt zwischen 12 und 20 m. Das Flächengefälle der Rückentafeln beträgt in der Regel 5 %. Sowohl Rücken als auch Hänge werden durch vollständigen Umbau der Fläche hergestellt, wie überhaupt sämmtliche Arbeiten mit grösster Genauigkeit ausgeführt werden.

Bei dem starken Gefälle der Wasserläufe stehen fast überall reichliche Wassermengen zur Verfügung, so dass die Bewässerung nicht nur zur Anfeuchtung, sondern zumeist auch zur hinlänglichen Düngung der Wiesen ausreicht. Trotzdem findet noch vielfach, wie erwähnt, eine weitere Düngung derselben statt.

Bei der Beurtheilung des Siegener Wiesenbaus ist zu beachten, dass die meisten Besitzungen eine nur sehr geringe Ausdehnung haben. Die durchschnittliche Grösse einer Besitzung beträgt nur 60 a, in Parcellen von 7,5 a getheilt. Diese beschränkte Ausdehnung der einzelnen Wiesenflächen giebt im Vereine mit dem Umstande, dass die Grundbesitzer mit besonderer Vorliebe und Fleiss ihre Wiesen behandeln, eine Erklärung für die Zulässigkeit des so kostspieligen Kunstbaus, welcher den Einzelnen nur verhältnissmässig wenig belastet. Es kommt hierzu noch, dass die Bevölkerung eine wohlhabende ist, dass Wasser in reichem Masse und in vorzüglicher Qualität zur Verfügung steht, dass nirgend grössere Bewässerungscanäle nothwendig sind, dass an Arbeitskräften Ueberfluss ist, dass die Pflege der kleinen Wiese zumeist als eine angenehme Nebenbeschäftigung der Bergbau-treibenden Bevölkerung angesehen wird, dass demnach die Kosten für eine zweckentsprechende Pflege der Anlagen gar nicht in Rücksicht gezogen werden können.

Im Allgemeinen stellen sich die Kosten der Anlage einer Siegener Kunstwiese auf 700 bis 1200 M pro Hektar. Die Erträge beziffern sich

auf jährlich 6000 bis 8000 kg; unter besonders günstigen Verhältnissen steigt der Ertrag sogar auf 10 000 kg.

Dass im Flachlande, bei armem Boden, wenig dungreichem Wasser, grossem Grundbesitze und kostspieligen Arbeitskräften der Kunstbau nach Siegener Muster nur höchst zweifelhafte Erfolge erringen kann, bedarf nach dem Obigen keiner weiteren Ausführung. Trotzdem gab es eine Zeit, in welcher man mit Vorliebe Siegener Kunstwiesen für alle Verhältnisse empfahl, ohne zu berücksichtigen, dass die dortigen Resultate dem Zusammentreffen einer ganzen Reihe von besonders günstigen Umständen zugeschrieben werden müssen. Ohne in Erwägung zu ziehen, ob die Verhältnisse auch nur einigermassen ähnlich den Siegener waren, suchte man durch eine Copie der äusseren Form den Kunstwiesenbau zu verbreiten und war dies die Veranlassung, dass letzterer, der an geeignetem Orte, den besonderen Verhältnissen angepasst, durchaus günstige Resultate liefert, in vielen Ländern aufs Gründlichste in Misscredit gekommen ist.

2) Die lombardischen Wiesenanlagen. Man unterscheidet in Oberitalien Winterwiesen *(Marcite)* und Sommerwiesen. Letztere sind zumeist Wechselwiesen *(Prati a vicenda)* und nur ausnahmsweise beständige Wiesen *(Prati stabili)*. Die Winterwiesen werden nahezu das ganze Jahr hindurch bewässert und geerntet, die Sommerwiesen dagegen nur im Sommer. Die Wiesen werden reichlich mit Compost gedüngt und zwar nach der Regel: Je mehr Wasser, desto mehr Dünger. Das Wasser dient vornehmlich zur Anfeuchtung und Auflösung des Düngers bezw. zur Erwärmung des Bodens. Das Erdmaterial für die Compostbereitung liefert in erster Linie das Wasser, indem der mitgeführte Schlick im Laufe der Zeit die Wiesenfläche derartig erhöht, dass eine Abgrabung nothwendig wird. Das hierbei gewonnene Material wird in Haufen gebracht und zur Compostbereitung verwendet.

Die Sommerwiesen sind stets breite, umwallte Hänge mit sehr schwachem Gefälle (1 bis 1,5 ‰), in der Anordnung, welche Seite 568 bei Besprechung der Getreide-Bewässerung geschildert wurde. Die Oberflächen-Bearbeitung, namentlich die Planirung und Reinigung der Wiese von Unkräutern ist eine im höchsten Grade vollkommene. Ebenso werden die Rinnen alljährlich vor Beginn der Bewässerungsperiode geräumt und aufs Sorgfältigste abgeglichen, so dass das Wasser gleichmässig überrieseln kann. Die Bewässerung beginnt zumeist erst kurz vor oder nach dem ersten Schnitte, da vor dieser Zeit der Boden genug Feuchtigkeit besitzt. Hierauf wird bis Ende September regelmässig in Zeiträumen von 5 bis 15 Tagen einmal gewässert und zwar nimmt man die Zahl der Bewässerungen um so geringer, je schwerer der Boden ist. Als Regel gilt, dass stets nur mit kleinen Mengen und kurze Zeit hindurch gewässert wird. Der Wasserbedarf richtet sich in erster Linie nach der Beschaffenheit des Bodens und Untergrundes; je lockerer derselbe ist,

desto grösser ist das erforderliche Quantum. Dasselbe variirt zwischen 0,9 und 2 l pro Hektar und Secunde (vergl. die Tabelle Seite 501).

Man erhält gewöhnlich drei Schnitte und die Nachweide; der Gesammtertrag an Heu beziffert sich durchschnittlich auf 7000 kg pro Hektar. Die permanenten Wiesen werden ebenfalls dreimal gemäht, bei sehr früh begonnener Bewässerung auch wohl viermal. Der erste Schnitt findet im Mai statt und liefert die vorzüglichsten Gräser, der zweite im Juli und der dritte Ende August oder Anfang September; die Erträge dieser drei Schnitte werden wie folgt angegeben:

Erster Schnitt . . , . . .	2870 kg pro Hektar,
Zweiter Schnitt	2330 „ „ „
Dritter. Schnitt	1750 „ „ „
Zusammen	6950 kg pro Hektar.

Die Winterwiesen *(Marcite)* werden auch im Winter bewässert und zwar vorwiegend mit Quellwasser, dessen Temperatur in den Wintermonaten 5 bis 10 Grad C. beträgt, somit zumeist wärmer ist als die Luft und der Boden. Die Pflanzen werden hierdurch vor Frost geschützt und wird die Vegetation durch die erzielte höhere Temperatur ermöglicht (vergl. Seite 492). Ferner bewirkt die reichliche Zufuhr von Wasser eine Lösung der im Boden enthaltenen Nährstoffe, so dass auch hierdurch das Gedeihen der Gräser erheblich befördert wird. Neben dem Quellwasser wird auch solches aus Canälen zur Bewässerung der Marcite benutzt, jedoch nicht mit dem gleichen Vortheile wie dieses.

Vorwiegend werden die Marcite als breite und lange Rücken angelegt und zwar zumeist in der Anordnung Fig. 324 (Seite 607). Ausnahmsweise findet auch ein im Principe mit Fig. 327 (Seite 611) übereinstimmender Etagen-Rückenbau Verwendung; die Entwässerungsrinne der oberen Abtheilung setzt sich zur Bewässerungsrinne der unteren fort, so dass das Abwasser unmittelbar für den tieferen Theil in Verwendung kommt. Zu beachten ist, dass wegen der starken Düngung (15 bis 22 cbm Compost pro Hektar) und reichlichen Wasserverwendung das abrieselnde Wasser sich mit diesen Dungstoffen bereichert, theils durch directes Abschwemmen, theils durch Auflösung derselben, so dass bei der italienischen Marcite das zu wiederholten Malen benutzte Wasser einen grösseren Werth besitzt als das frische.

Die Breite der Rücken variirt zwischen 10 und 18 m; die durchschnittliche Breite ist 13 bis 15 m. Das Gefälle der Rückenfläche beträgt in der Regel nur 3 %, so dass die Giebelhöhe eines Rückens von 15 m Breite (7,5 m Hangbreite) 0,22 m betragen würde. Die Länge der Rücken beträgt gewöhnlich 70 bis 80 m, ist mithin beträchtlich grösser als dies anderwärts üblich ist. Die Rieselrinnen auf der Rückenfirst erhalten eine anfängliche Breite von 0,50 m, welche bis 0,40 m abnimmt. Zuweilen kommen auch Rinnen von nur 0,30 m Breite vor. Die Tiefe der Rinnen

vermindert sich in der Regel von 0,35 bis 0,25 m; seltener werden Rinnen mit geringerer Tiefe, z. B. 0,18 m, angelegt. Das Gefälle der Bewässerungsrinnen beträgt gewöhnlich 0,5 ‰. Die Entwässerungsrinnen erhalten eine obere Breite von 0,20 bis 0,25 m, welche nach unten auf 0,40 m zunimmt. Auch nimmt die Tiefe derselben nach unten hin stetig zu; dieselbe beträgt 0,15 bis 0,25 m.

Die Wassermenge wird verschieden angegeben; im Durchschnitte werden bei einmaliger Benutzung 50 l pro Hektar und Secunde gerechnet, bei wiederholter Benutzung 30 l.

Die Erträge der Winterwiesen sind sehr beträchtlich; wie es in der Natur der Sache liegt, schwanken jedoch die Angaben über dieselben bedeutend. Mittlere Erträge sind folgende:

Erster Schnitt im Februar	10 500 kg pro Hektar,
Zweiter Schnitt zwischen März und April . . .	15 800 „ „ „
Dritter Schnitt zwischen April und Mai	17 000 „ „ „
Vierter Schnitt zwischen Mai und Anfang Juli .	10 500 „ „ „
Fünfter Schnitt zwischen Juli u. Mitte September	8 000 „ „ „
Zusammen	61 800 kg pro Hektar (11—12 000 kg Heu).

Die Marcite in der Umgebung von Mailand, welche mit den städtischen Abwässern gedüngt werden, geben nahezu den doppelten des hier aufgeführten Ertrages in 7 Schnitten. Im November, Januar, März und April werden sie zur Grünfütterung gemäht, im Juni, Juli und August zur Heugewinnung. Ausserdem liefern sie noch im September eine reichliche Weide. Im Allgemeinen wird angenommen, dass 14 ha Marcite zur Erzeugung des Grases und Heus für die Stallfütterung von 50 Kühen ausreichen, ausgenommen für die Monate September und October, in denen das Vieh auf die Weide getrieben wird.

Der Werth der Marcite besteht namentlich darin, dass durch die Grasernte im Winter das für die dort so ertragreiche Käsefabrication erforderliche Grünfutter stetig beschafft werden kann.

Zum Schlusse dieses Abschnittes ist hier noch auf die Wiesenbewässerungs-Anlagen hinzuweisen, welche in den angehängten Tafeln II bis IV dargestellt sind.

Taf. II. Natürliches Wiesenbau-System. Wiesenbewässerung im Eyach-Thale, Forstamt Neuenbürg. Combination von Rücken- und Hangbauten unter wiederholter Benutzung des Wassers. Die Berieselungs-

flächen accommodiren sich dem Terrain so vollkommen wie möglich; ihre Abmessungen sind demnach sehr verschiedene.

Taf. III. Kunstwiesenbau zu Neerpelt in der Campine, mit Zuführung von frischem Wasser für die beiden oberen Tafeln, während die dritte Tafel das abgerieşelte Wasser der ersten erhält. Die einzelnen Tafeln sind zu schmalen Rücken bearbeitet.

Taf. IV. Petersen'sches Wiesenbau-System einer Wiese zu Wittkiel bei Cappeln, von dem Erfinder des Systemes angelegt. Mit Hilfe der auf dem Plane angegebenen Erklärung der Bezeichnungen und der eingeschriebenen Masse ist die Anordnung leicht zu verstehen.

d. Die technische Ausführung der Wiesenbauten.

Die technische Ausführung einer Wiesenbewässerungs-Anlage umfasst die Absteckung und Herstellung der Gräben und bei den Kunstwiesen diejenige der Profile, ferner bei diesen die Abschälung des etwa vorhandenen Rasens, die Erdarbeiten, das Aufdecken des Rasens bezw. die Besamung der Fläche, die Herstellung der in den Gräben anzuordnenden Stau- und Sperrvorrichtungen und die Einleitung des Bewässerungsbetriebes. Die Ausführung grösserer Anlagen erfolgt mit Hilfe eines sorgfältig durchgearbeiteten Planes, welcher auf Grund der in den früheren Capiteln erörterten Gesichtspunkte zu entwerfen ist, nachdem die Berechtigung und die Modalitäten der Benutzung des Wassers Seitens des Grundbesitzers oder der Genossenschaft festgestellt wurden.

Die Arbeiten auf dem Terrain werden in den verschiedenen Gegenden in so mannigfacher Weise ausgeführt, dass sich über dieselben keine Regeln aufstellen lassen, welche eine andere als locale Giltigkeit haben. Der italienische *camparo* (Vorarbeiter bei Ausführung von Bewässerungsanlagen) nivellirt und gräbt in wesentlich anderer Weise als der Siegener oder Lüneburger Wiesenbauer und trotzdem erreichen dieselben in gleich practischer und schneller Weise sowie mit möglichst geringen Kosten das Nämliche. Für die Ausführung umfassenderer Anlagen wird es sich stets empfehlen, einige im Wiesenbau erfahrene Arbeiter zu engagiren oder die Arbeiten einem technischen Sachverständigen (Wiesenbaumeister) zur Durchführung zu übergeben.

Da sich die Ausführung der genannten Arbeiten nicht aus Büchern, sondern nur durch Uebung erlernen lässt, auch die bewährten Specialwerke des Wiesenbaus*) den Gegenstand, so weit thunlich, in eingehender Weise behandeln, so sollen hier nur einige wenige, die wichtigeren Arbeiten betreffenden Bemerkungen gemacht werden.

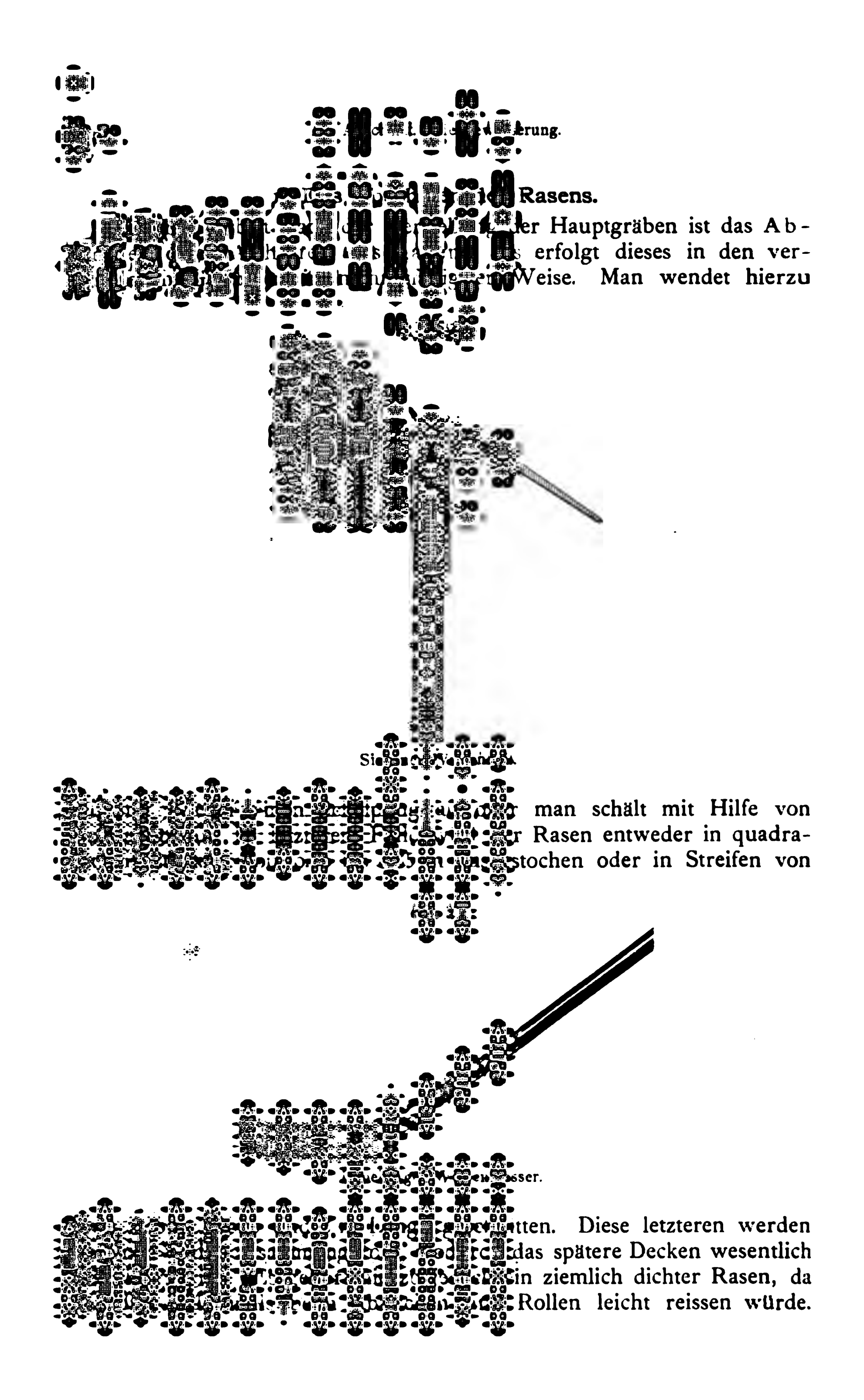
---

*) Vincent, L., Der rationelle Wiesenbau, 3. Auflage; Leipzig 1870; ferner Dünkelberg, W. F., Der Wiesenbau in seinen landwirthschaftlichen und technischen Grundzügen, 2. Auflage; Braunschweig 1877.

…rung.

… Rasens.

…er Hauptgräben ist das Ab-
… erfolgt dieses in den ver-
…Weise. Man wendet hierzu



Si…

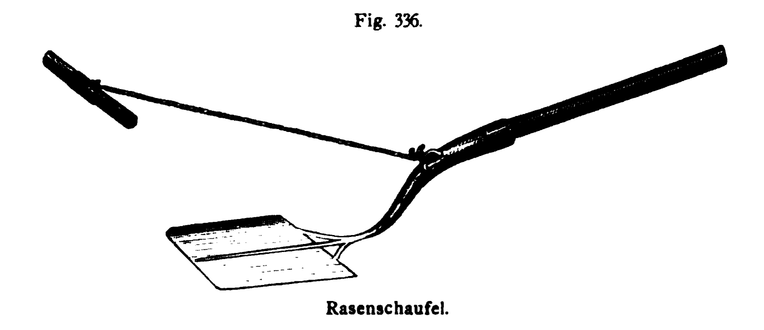
… man schält mit Hilfe von
…r Rasen entweder in quadra-
…stochen oder in Streifen von

…sser.

…tten. Diese letzteren werden
…das spätere Decken wesentlich
…in ziemlich dichter Rasen, da
…Rollen leicht reissen würde.

Durch das Aufwickeln dehnt sich der Rasenstreifen um Einiges aus, so dass man in der Folge gewöhnlich ein hinlängliches Quantum zum Bedecken erhält, was bei dem im Quadrate gestochenen Rasen zumeist nicht

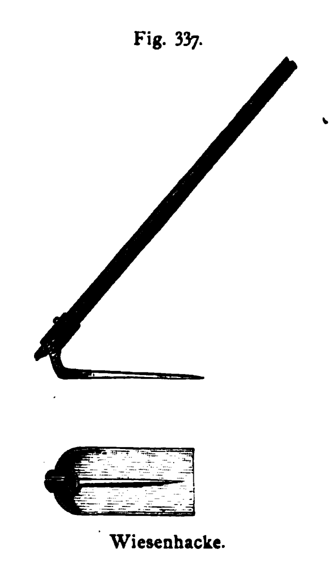
Fig. 336.



Rasenschaufel.

der Fall ist. Eine andere Methode ist das Lostrennen des Rasens in einzelnen unregelmässigen Stücken von etwa 0,06 m Breite und sehr geringer Stärke mittelst der Plaggenhaue. Wo der ursprüngliche

Fig. 337.



Wiesenhacke.

Rasen keine gleichmässige Stärke hatte und somit das spätere Aufdecken nur eine sehr unebene Oberfläche erzeugen würde, wird dieses Mittel vielfach angewendet.

Die Geräthe zum Abschälen des Rasens werden in den verschiedenen Gegenden in mannigfacher Ausführung benutzt. Sehr viel Verbreitung hat das Siegener Wiesenbeil, Fig. 334, gefunden, welches namentlich

zum Abschälen von Rasenstreifen sowie zur Herstellung der Borten von Rinnen verwendet wird. In gleicher Weise dient dasselbe zur Ausrottung der auf den Wiesen etwa befindlichen Hecken und Sträuche, zum Ebenen der Maulwurfshügel u. s. w. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, besteht das Instrument aus der Combination eines Beiles mit einer Hacke. Die Höhe des Beiles beträgt 0,20 m, die Breite der Hacke nicht über 0,08 m, um auch die kleinsten Rinnen mit derselben ausheben zu können. Der ovale Stiel des Instrumentes erhält gewöhnlich eine Länge von 1,20 m.

Fig. 335 stellt ein Lüneburger Wiesenmesser dar, welches sowohl zum Hauen als auch zum Schneiden benutzt wird. Dasselbe ist leichter, also in der Handhabung bequemer als das Wiesenbeil, lässt sich jedoch nicht zu so mannigfaltigen Arbeiten verwenden wie dieses. Die Länge des Messers beträgt etwa 0,45 m, die Höhe desselben 0,10 m.

Fig. 336 zeigt die Rasenschaufel zum Abheben des Rasens, mit einem Zugseile, um den vorher an den Seiten gehauenen Rasenstreifen gleichmässig zu schälen. An dem Griffe ziehen ein oder zwei Arbeiter, während ein dritter das Instrument an dem etwa 1,50 m langen Stiele führt. Das mit einer scharfen, verstählten Schneide hergestellte Schaufelblatt ist gewöhnlich 0,22 m lang und 0,15 m breit.

Die Hacke Fig. 337 dient zu den verschiedensten Arbeiten, z. B. zum Ausheben der mit dem Wiesenbeile quadratisch abgetrennten Rasenstücke. Die Hacken zum Plaggenhauen sind zumeist breiter als gewöhnliche Hacken und mit convex oder concav gekrümmten Schneiden versehen.

2. Die Erdarbeiten.

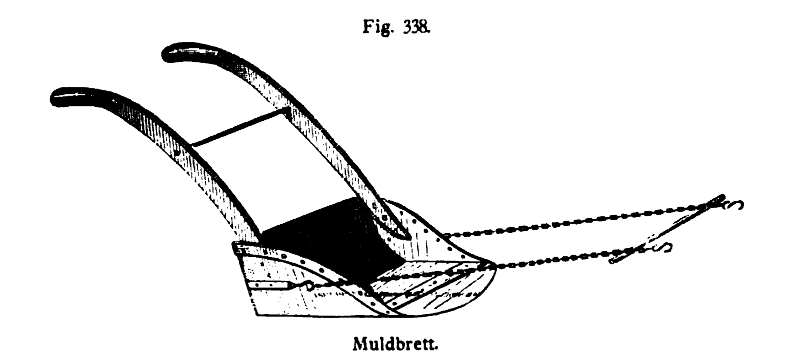
Bei den Erdarbeiten zum Zwecke der Herstellung der Gräben und Umformung der Oberflächen ist stets zu beachten, dass die unter dem Rasen liegende Krume sorgfältig bei Seite geschafft werde und nach der Erstellung der Hangflächen wieder auf den Boden zu vertheilen ist. Namentlich bei Abgrabungen ist dies durchaus erforderlich, um auf dem festen, zumeist unfruchtbaren Boden eine bereits gelockerte und mit Pflanzennährstoffen versehene Krume zu erhalten. Weniger nothwendig ist dieses Aufbringen der besseren Erde bei den Aufträgen, da diese von selbst die erforderliche Lockerheit besitzen.

Bereits bei der Projectirung der Anlage ist zu berücksichtigen, dass sich Auf- und Abtrag bei den Erdarbeiten möglichst ausgleichen müssen; in dieser Beziehung reicht aber das vorzüglichste Project mit den genauesten Berechnungen der zu bewältigenden Erdmassen nicht aus, wenn der Leiter der Arbeiten nicht die erforderliche Umsicht und Geschicklichkeit in der Ausführung derselben besitzt. Es sollte überhaupt bei der Planlegung wohl in Betracht gezogen werden, ob für complicirtere Erdbewegungen, wie sie z. B. bei dem Etagen-Rückenbau oft nothwendig werden, hinlänglich gewandte Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, da

andernfalls die Arbeiten leicht mangelhaft, namentlich aber beträchtlich kostspieliger werden. Es dürften sogar Fälle vorkommen, wo es angezeigt ist, lediglich aus dem angeführten Grunde — geringe Geschicklichkeit der ausführenden Organe — auf die schwieriger zu erstellenden Systeme zu verzichten, selbst wenn diese den localen Verhältnissen am besten entsprechen sollten.

Während man sich für die Ausführung der Erdarbeiten der ganz allgemein zu diesen Zwecken benutzten Geräthe, wie der Spaten (z. B. des sehr guten Brabanter Wiesenspatens) und der Handkarren bedient, sei hier nur noch das in Fig. 338 dargestellte, gerade für das Planiren der Wiesen ganz besonders zu empfehlende Muldbrett erwähnt. Dasselbe besteht aus einer Schaufel von etwa 1,50 m Breite mit scharfer,

Fig. 338.



Muldbrett.

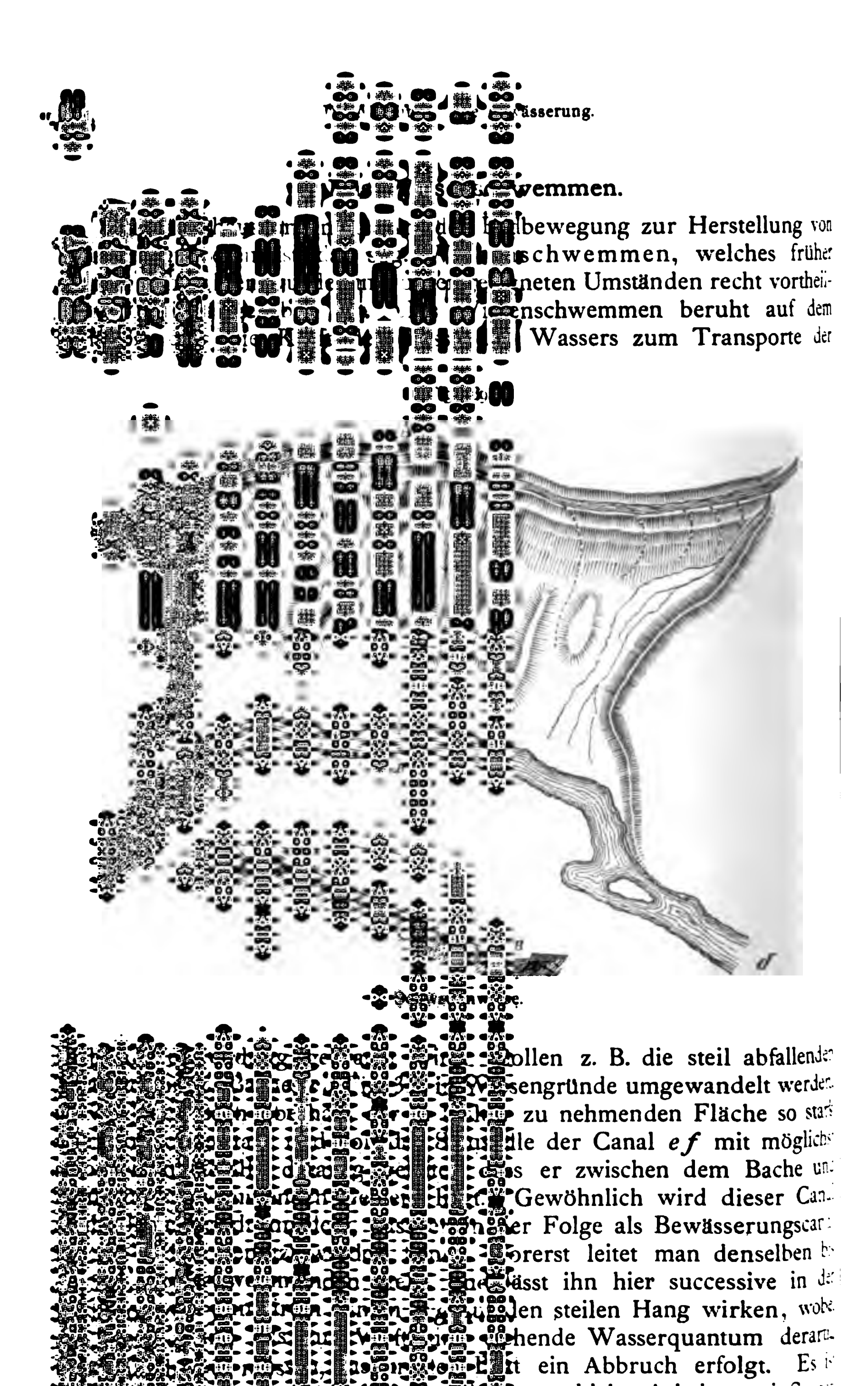
zuweilen etwas convex gekrümmter Schneide, welche bei den besseren Muldbrettern aus einer schmiedeeisernen Schiene oder aus Stahl hergestellt wird. Hinten sind zwei Sterzen zur Handhabung der Schaufel angebracht, während sich vorn die einfache, für ein Pferd bestimmte Anspannungsvorrichtung befindet. Das Geräth wird an die Stelle geführt, an welcher ein Abtrag vorzunehmen ist, worauf durch leichtes Anheben der Sterzen die Schneide in den Boden eingreift und eine Schicht desselben abtrennt, welche auf die Schaufel gelangt. Ist diese gefüllt, so senkt der Arbeiter die Sterzen und transportirt die Erde bis zu der Auftragstelle, wo durch ein Wenden des Muldbrettes die Masse ausgeschüttet wird.

Ueberall, wo der Boden nicht zu steinig und namentlich nicht verwurzelt ist, bewährt sich das Muldbrett ganz vortrefflich.

Noch geeigneter als das in Fig. 338 dargestellte einfache Muldbrett ist das in neuerer Zeit in Amerika vielfach angewendete Doty'sche Muldbrett mit selbstthätiger Kipp- und Entleerungsvorrichtung. Dasselbe leistet 25 bis 40 Procent mehr Arbeit als das ältere Geräth, besitzt eine Arbeitsbreite von 0,75 bis 0,90 m und kostet 125 bis 150 M.

…wemmen.

…lbewegung zur Herstellung von
…schwemmen, welches früher
…neten Umständen recht vortheil-
…nschwemmen beruht auf dem
… Wassers zum Transporte der



…ollen z. B. die steil abfallenden
…sengründe umgewandelt werden
… zu nehmenden Fläche so stark
…le der Canal ef mit möglichst
…s er zwischen dem Bache und
… Gewöhnlich wird dieser Canal
…r Folge als Bewässerungscanal
…rerst leitet man denselben bis
…ässt ihn hier successive in der
…en steilen Hang wirken, wobei
…hende Wasserquantum derart
…t ein Abbruch erfolgt. Es ist
… geschickte Arbeiter, mit Spaten

versehen, den kleinen Rinnen *g g* die erforderliche Direction geben, die Erde abstechen, wo die Kraft des Wassers nicht ausreicht, um den Abbruch zu bewirken und die Rinnen mittelst kleiner Dämme oder Faschinen zusammenhalten, sobald sich das Wasser zu stark ausbreitet, wodurch die Kraft desselben vermindert wird. Die abgeschwemmte Erde füllt etwa vorhandene Tiefen aus und muss mit Hilfe des Wassers derartig herabgeleitet werden, dass die zu erzeugende Hangfläche sogleich das angestrebte Gefälle erhält.

In dem Masse, wie die Arbeit vorschreitet, wird der Schwemmcanal weiter geführt, wobei die älteren Ableitungen geschlossen und das ganze auf der Schwemmseite befindliche Ufer bis zu der neuen in Function kommenden Rinne mittelst eines kleinen Dammes gesichert werden. Das in Fig. 339 gezeichnete Profil stellt in der punktirten Linie den ursprünglichen Hang dar, welcher mit Hilfe des Wassers das spätere gleichmässige Gefälle erhalten hat. Zwischen den einzelnen Rinnen bleiben gewöhnlich die Hügel *h h* stehen, deren Abtragung bei der Ebenung des Terrains am besten mittelst des Muldbrettes geschieht.

Das wesentlichste Erforderniss für die Anlage von Schwemmwiesen ist, dass der Boden der Einwirkung des Wassers keinen zu erheblichen Widerstand entgegensetzt. Es eignet sich somit ein Sandboden am vorzüglichsten zum Schwemmen, während mit dem Steigen des Thongehaltes die Arbeit schwieriger von Statten geht. Auch ein humoser Sandboden lässt sich noch leicht schwemmen, während ein zäher Torfboden in Folge des dichten Zusammenhanges seiner Theilchen nur sehr schwer durch Schwemmen in Abbruch versetzt werden kann. Fernerhin muss für das Schwemmen die hinlängliche Wassermenge zur Verfügung stehen und zwar wird in dem Masse ein grösseres Quantum erforderlich, wie der Zusammenhang der Bodentheilchen ein grösserer und das Gefälle ein schwächeres ist. Um die Arbeit mit möglichst vielem Wasser ausführen zu können, wählt man in der Regel denjenigen Zeitpunkt, in welchem der Bach das meiste Wasser führt.

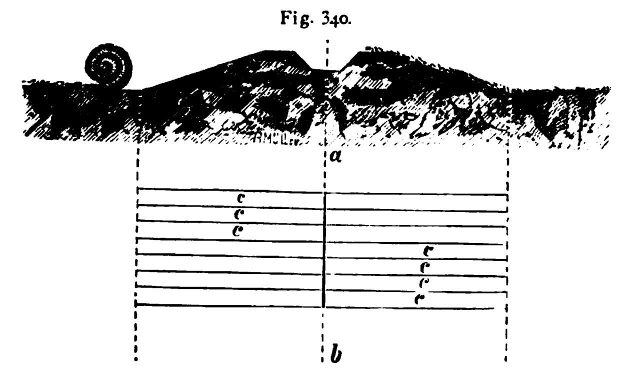
Besteht die abzuschwemmende Fläche aus gutem Boden, so muss die Arbeit derartig geleitet werden, dass dieser nach Vollendung der Arbeit wieder die oberste Schicht bildet. Es wird dies dadurch erreicht, dass die Arbeiter, welche die Erde auflockern, um eine schnellere Wirkung des Wassers zu erzielen, die humose Krume auf den bereits abgeschwemmten Boden werfen.

Wo die Situation und die Bodenverhältnisse das Schwemmen gestatteten, hat sich dasselbe als die billigste Art der Erdbewegung erwiesen; man nimmt an, dass ein Mann durch Schwemmen in der Regel so viel leistet wie 10 bis 15 Mann mittelst Erdkarren. Immerhin finden sich jedoch die erforderlichen Umstände für die Anlage von Schwemmwiesen so selten, dass die Arbeit nur in Ausnahmefällen den gewöhnlichen Erdtransport ersetzen kann.

4. Die Bildung der Grasnarbe.

Die Herstellung der Grasnarbe erfolgt entweder durch Rasendeckung oder durch Aussaat. Erstere wendet man an, wenn der Rasen in guter Qualität und in reichlicher Menge zur Verfügung steht. Je nachdem er in Plaggen, quadratischen Stücken oder in längeren, in der Folge gerollten Streifen gestochen war, wird er auf die zu bedeckende Fläche aufgebracht; etwaige Zwischenräume zwischen den einzelnen Stücken werden mit fruchtbarer Erde ausgefüllt und bildet sich auch hier bald die vollständige Rasendecke. Hat man auf einem berasten Boden einen Graben aufzudämmen, dessen Böschungen in der Folge wieder mit Rasen bekleidet

Fig. 340.



Rasendeckung der Böschungen eines aufgedämmten Grabens.

werden sollen, so lässt sich zuweilen mittelst der in Fig. 340 dargestellten Methode*) die Arbeit ausführen, vorausgesetzt, dass der Rasen einen hinlänglichen Zusammenhang besitzt, um gerollt werden zu können. Die ursprüngliche Rasendecke wird zuerst in der Richtung *a b* des zu erstellenden Grabens mittelst des Wiesenbeiles getrennt und hierauf in Streifen *c c* gehauen, welche aufgerollt werden, dabei aber mit dem Rasen der beiden Seiten im Zusammenhange bleiben. Hierauf wird der Graben aufgedämmt, vollständig geebnet und werden alsdann die Rasenwalzen wieder auf den Böschungen abgerollt.

Das gleiche Verfahren lässt sich bei natürlichen Rücken und bei schwach abgeböschten, eingeschnittenen Gräben anwenden.

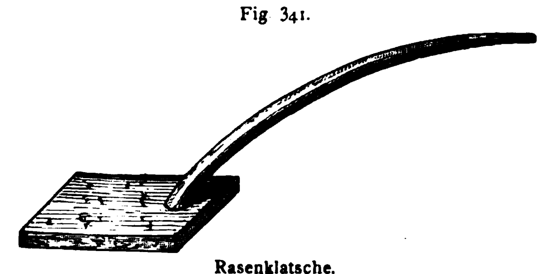
Ist der Rasen auf der Fläche vollständig aufgelegt, so wird er durch Aufleitung von Wasser gründlich erweicht und mittelst der Rasenklatsche, Fig. 341, festgeschlagen.

Ist kein Rasen in hinlänglicher Menge oder Güte vorhanden, so muss zur Aussaat geschritten werden, wobei man sich der Samen derjenigen

*) Nach Fries' Lehrbuch des Wiesenbaus, bearbeitet von Dünkelberg, Seite 393, 2. Auflage; Braunschweig 1866.

Wiesengräser und Kräuter bedient, welche auf den besseren Wiesen vorherrschen. Die Auswahl der Grassamen und ihr Gemenge richtet sich nach verschiedenen Umständen, vornehmlich nach der Bodenbeschaffenheit und dem Klima; es empfiehlt sich aber auch, von vorn herein diejenigen Pflanzen besonders zu berücksichtigen, welche den hauptsächlich mit dem Heu zu ernährenden Thieren am besten zusagen. Fernerhin muss stets ein Gemisch von früh- und spätreifenden sowie von Ober- und Untergräsern ausgesäet werden, weil hiervon der sichere Ertrag der Ernte wesentlich abhängt. Je mannigfaltiger und den Bodenverhältnissen entsprechender das Saatgemenge ist, desto geringer sind die durch Fröste, fehlerhafte Leitung der Bewässerung und andere Umstände möglichen Verluste.

Fig 341.



Rasenklatsche.

Wie überaus zahlreich und mannigfaltig die Pflanzen auf guten, bewässerten Wiesen sind, ergiebt sich aus den von Hanstein, Kühn, Sinclair u. a. vorgenommenen Untersuchungen und Zählungen der Pflanzen. So ermittelte Hanstein auf einer Wässerungswiese pro Quadratfuss hessisch (= 0,0625 qm) bei verschiedenen Zählungen 700 bis 800 Pflanzen und stellte sich das Verhältniss der Gräser zu anderen Pflanzen bei zwei Untersuchungen von Wässerungswiesen wie 755 : 50 und 462 : 363.

In dem Nachfolgenden sind die vorzüglichsten Wiesengräser aufgeführt, auf welche bei der Zusammensetzung von Grassaat-Mischungen vorwiegend Rücksicht zu nehmen ist.

Lolium perenne, englisches Raygras; *Lolium italicum*, italienisches Raygras; *Alopecurus pratensis*, Wiesenfuchsschwanz; *Phleum pratense*, Wiesenlieschgras, Thimotheusgras; *Agrostis stolonifera*, Straussgras, Fioringras; *Arrhenaterum elatius (Avena elatior)*, französisches Raygras; *Poa trivialis*, gemeines Rispengras; *Poa pratensis*, Wiesenrispengras; *Dactylis glomerata*, Knaulgras; *Fustuca ovina*, Schafschwingel; *Fustuca rubra*, rother Schwingel; *Festuca duriuscula*, Hartschwingel; *Festuca pratensis*, Wiesenschwingel; *Cynosurus cristatus*, Kammgras; *Holcus lanatus*, wolliges Honiggras; *Bromus erectus*, steife Trespe.

Von Kräutern gehören hierzu: *Trifolium pratense*, Rothklee; *Trifolium repens*, Weissklee; *Trifolium hybridum*, Bastardklee; *Medicago lupulina*, Hopfenklee; *Lotus corniculatus*, Schotenklee; *Carum carvi*,

Kümmel; *Onobrychis sativa*, Esparsette; *Ornithopus perpusillus*, Vogelkrallenklee.

Nach der Blüthezeit geordnet, vertheilen sich die angeführten Gräser wie folgt:

Im Mai blühend: *Alopecurus pratensis, Poa pratensis, Festuca ovina* und *duriuscula, Bromus erectus.*

Im Juni blühend: *Lolium italicum* und *perenne, Poa trivialis, pratensis, Alopecurus pratensis, Dactylis glomerata, Arrhenaterum elatius, Holcus lanatus, Agrostis stolonifera, Bromus erectus, Festuca ovina, rubra, pratensis, duriuscula, Cynosurus cristatus.*

Im Juli blühend: *Dactylis glomerata, Poa trivialis, Agrostis stolonifera, Arrhenaterum elatius, Lolium italicum* und *perenne, Phleum pratense, Festuca rubra, pratensis, Holcus lanatus.*

Im August blühend: *Dactylis glomerata, Lolium italicum* und *perenne, Phleum pratense.*

Im September blühend: *Lolium italicum.*

Für das Gelingen einer Grasansaat ist neben gutem Samen und möglichst dichter Saat vor Allem ein guter Düngungszustand des Bodens erforderlich. Bei der Auswahl der Sämereien ist auch die Höhenlage des Ortes, an welchem der Anbau erfolgt, zu berücksichtigen. Nach Angaben von Wirtgen*) ist hierüber Folgendes zu bemerken:

Lolium perenne bildet in Höhen über 300 m keine geschlossenen Wiesen mehr; auch *Dactylis glomerata* gedeiht hier nur noch vereinzelt. Ueberall findet sich *Anthoxantum odoratum*, Ruchgras, *Briza media*, *Agrostis vulgaris*, Windhalm. *Holcus lanatus* geht hoch und liebt feuchte Plätze; *Alopecurus pratensis* gedeiht in der Höhe auf feuchtem Boden, *Festuca pratensis* daselbst und auf fruchtbarem Boden. *Cynosurus cristatus* zieht Waldboden vor und findet sich vorwiegend bis 100 bis 130 m Höhe. Nicht über 130 bis 150 m gehen Luzerne und *Medicago lupulina*, Hopfenklee. Die dichte Grasnarbe der Bergwiesen zwischen 250 bis 500 m bilden vorwiegend *Anthoxantum odoratum*, *Agrostis vulgaris, Briza media, Cynosurus cristatus, Holcus lanatus.*

Diese Mittheilungen über das Vorkommen der Wiesenpflanzen in den verschiedenen Höhenlagen, über die Auswahl derselben mit Rücksicht auf die verschiedene Blütheperiode u. s. w. zeigen, dass es unzulässig ist, Recepte für Grassaatmischungen, etwa nach Bodenarten geordnet, zu geben. Bei der Zusammenstellung der Gemenge sind vielmehr die sämmtlichen hier angeführten Umstände in gleicher Weise in Berücksichtigung zu ziehen und danach die einzelnen Aussaatgattungen zu combiniren. Schliesslich entwickeln sich auf der Wiese immer diejenigen Pflanzen am besten, welche dem Boden, Klima, der Höhenlage u. s. w. am meisten entsprechen.

---

*) Zeitschrift für die landwirthschaftlichen Vereine für Rheinpreussen, Jahrgang 1868, Seite 181.

e. Der Betrieb der Wiesenbewässerung.

Je nach dem Zwecke der Bewässerung und dem örtlichen Klima ist der Betrieb der Rieselanlagen ein wesentlich verschiedener. Wo, wie zumeist bei uns, das Wasser in erster Reihe düngend, fernerhin aber auch auflösend wirken soll und zur Regulirung der Temperatur in Anwendung gebracht wird, unterscheidet man gewöhnlich die Bewässerung nach den verschiedenen Jahreszeiten.

Die Herbstbewässerung soll vornehmlich dem Boden den im Wasser enthaltenen Dünger zuführen. Unmittelbar nach Beendigung der Heuernte werden die Gräben und Rinnen sowie die Rieselflächen möglichst vollkommen ausgebessert und beginnt hierauf die Bewässerung. Wird das Wasser abwechselnd auf verschiedenen Flächen benutzt, so bewässert man jede derselben 10 bis 14 Tage, stellt alsdann das Wasser um, um es der folgenden Abtheilung zuzuführen und fährt so fort, bis die sämmtlichen Flächen einmal gründlich gewässert wurden. Alsdann beginnt man wieder mit der ersten Fläche, verkürzt jedoch jetzt die Wässerungszeiten, um das Wasser vor Eintritt des Winters jeder Abtheilung in gleicher Menge zu geben. Nach dem Umstellen der Bewässerung muss stets für eine gründliche Trockenlegung der bewässerten Flächen Sorge getragen werden, da andernfalls eine Schädigung der Wiesengräser durch Ausfaulen und Ausfrieren zu befürchten ist. Mit dem Eintritte der kalten Witterung erreicht die Herbstbewässerung ihr Ende; jedoch sind schwache, frühzeitig eintretende Nachtfröste (im October und November) kein Grund zur Einstellung der Bewässerung. Dagegen ist mit Sorgfalt darauf zu achten, dass vor Eintritt des Winterfrostes sämmtliche Wässerwiesen trocken gelegt sind, damit sich keine Eisdecke auf denselben bilden kann.

Im Winter wird in der Regel nicht gewässert, namentlich wenn anhaltender Frost eintritt. Jedoch lässt sich jetzt bei geschickter Leitung das Wasser vortheilhaft zur Zerstörung schlechter Wiesengräser und des Mooses benutzen, indem man diejenigen Wiesen, welche vorwiegend einen derartigen Pflanzenwuchs besitzen, bei scharfem Froste stark rieselt. Es bildet sich hierdurch eine Eisschicht auf der Wiese, welche die Zerstörung der Moose und bei längerem Rieseln auch des Heidekrautes bewirkt. Die guten Wiesengräser zeigen eine weit bessere Widerstandsfähigkeit gegen den Frost, so dass sie im Frühjahre beim Aufthauen des Eises allein übrig bleiben. Dieses Verfahren darf jedoch niemals angewendet werden, wenn die Wiese vorwiegend gute Gräser enthält, weil in diesem Falle erhebliche Schäden für letztere entstehen könnten. (Vergl. Seite 493.)

In sehr gelinden Wintern, in welchen der Frost keinerlei Schaden verursachen kann, darf übrigens mit der düngenden Bewässerung fortgefahren werden. Da dieses in unserem Klima nur ausnahmsweise möglich ist, auch wegen des häufig schnellen Wechsels der Temperatur besondere

Vorsicht nothwendig ist, um Schaden an der Vegetation zu verhüten, so unterlässt man zumeist jede Winterbewässerung.

Im Frühjahre wird die Bewässerung unmittelbar nach dem Schmelzen des Schnees und Aufthauen des Frostes eingeleitet. Der Zweck derselben ist hier vorwiegend, die Temperatur zu reguliren, d. h. die Wiesenpflanzen vor den nachtheiligen Einflüssen plötzlicher Abkühlung, namentlich aber der Fröste, zu schützen. Es ist dies freilich nur in dem Falle möglich, dass das zur Berieselung benutzte Wasser wärmer als die Luft, somit im Stande ist, die Bodentemperatur zu erhöhen. Andernfalls würde das Wasser nur erkältend und somit schädlich wirken. Desshalb darf auch in der Regel nicht mit Schneewasser gerieselt werden. Nach Nachtfrösten muss stark gerieselt werden, wodurch die schädlichen Folgen derselben fast immer verhütet werden können. Aus diesem Grunde ist es nothwendig, am Morgen nach einem Froste das Wasser abwechselnd den verschiedenen Abtheilungen zuzuführen, dasselbe also sobald wie zulässig umzustellen. Im Frühjahre ist auch besonders darauf zu achten, dass zu Zeiten, in denen nicht gewässert wird, die Rinnen vollständig entleert werden, weil sonst bei eintretender Temperaturverminderung eine Auskältung des Bodens stattfinden würde. Je besser für eine Abwässerung, entweder auf natürliche oder künstliche Weise, gesorgt ist, desto erfolgreicher ist die Frühjahrsbewässerung; je leichter eine Stagnation des Wassers in Folge zu wenig durchlassenden Bodens oder zu geringen Gefälles eintritt, desto mehr Schaden kann eine fehlerhaft geleitete Frühjahrsbewässerung verursachen.

Wo im Frühjahre das Wasser in reicher Menge zur Verfügung steht, kann dasselbe auch mit Vortheil zur düngenden Bewässerung in Anwendung gebracht werden.

Die Sommerbewässerung dient vornehmlich zur Anfeuchtung des Bodens bei eintretender Dürre; zu diesem Zwecke genügt zumeist ein nur schwaches Rieseln früh am Morgen, des Abends oder in der Nacht. Bei hellem Sonnenscheine ist das Wasser gewöhnlich kälter als die Luft und würde demnach durch ersteres der Boden einen zu starken, leicht schädlichen Temperaturwechsel erfahren. Etwa acht Tage vor den einzelnen Grasschnitten wird die Bewässerung eingestellt; jedoch giebt man gern am Abende vor dem Schnitte eine Anfeuchtung, wodurch das Mähen erleichtert wird. Bei eintretendem Regenwetter wird die Bewässerung sistirt. Nach dem ersten und jedem folgenden Schnitte bleibt die Wiese etwa acht Tage trocken liegen, worauf wieder einige Zeit hindurch gewässert wird. In dem Masse wie das Gras eine grössere Höhe erreicht, werden hierauf die Wässerungen seltener.

Im Monate September, nach der Heuernte, werden die Gräben, Rinnen und Rieselflächen sorgfältig ausgebessert, um die Wiese für die nun folgende Herbstbewässerung in den Stand zu setzen.

f. Die Kosten der Wiesenbewässerungs-Anlagen.

Aus leicht ersichtlichen Gründen muss hier von einer speciellen Kostenveranschlagung der verschiedenen Wiesenbau-Systeme Abstand genommen werden. Noch weit mehr als bei der Kostenberechnung einer Drainanlage (vergl. Seite 452) werden die Arbeiten des Wiesenbaus durch die localen Verhältnisse beeinflusst, so dass ermittelte Daten über die Kosten pro Flächeneinheit durchaus keinen allgemeinen Werth besitzen.

Bei jeder Anlage einer Bewässerung ist es aber nothwendig, mit Zugrundelegung der localen Arbeitslöhne, der vorzunehmenden Erdbewegungen, der Kosten für den Bau der Hauptleitungen, für die Zu- und Abführung des Wassers, der Schleusen, Durchlässe u. s. w., der Kosten für die Leitung und Beaufsichtigung der Arbeiten, für Ablösungen etwa bestehender Nutzungsrechte des Wassers einen sorgfältigen Voranschlag zu verfertigen, auf Grund dessen die Rentabilität mit Berücksichtigung der Erträge ähnlicher Anlagen geprüft werden kann. Auch die Kosten der dauernden Unterhaltung und Beaufsichtigung der Anlage müssen selbstverständlich mit in Betracht gezogen werden.

Es sind stets die generellen und die speciellen Kosten getrennt zu veranschlagen. Unter ersteren werden die Arbeiten für die Zuleitung des Wassers zu den einzelnen Flächen, unter letzteren die Arbeiten auf den zu bewässernden Flächen, also die Erstellung von Gräben und Rinnen einschliesslich der kleineren Stauanlagen, die Erdarbeiten, als vollständige Umbauten oder Planirungen der Fläche, endlich die Mittel zur Bildung der Grasnarbe verstanden. Ueber die generellen Kosten lassen sich, der Natur der Sache entsprechend, keine allgemeinen Angaben machen; oft stellen sich dieselben sehr niedrig, während in anderen Fällen, z. B. wenn grössere Schleusen, lange Canäle mit Brücken, Unterleitungen, künstliche Wasserhebung u. s. w. nothwendig werden, diese die speciellen Kosten um das Vielfache übersteigen. Bei den hannoverschen, von Baurath Hess projectirten, sehr ausgedehnten Bewässerungsanlagen mit Stauberieselung ergaben sich im Durchschnitte die generellen Kosten pro Hektar auf 240 M, die speciellen Kosten auf 60 M, die Gesammtkosten also auf 300 M.

Einen ungefähren Ueberblick erhält man aus der nachfolgenden Zusammenstellung der speciellen Kosten verschiedener Wiesenbewässerungs-Anlagen, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass dieselben theilweise älteren Angaben entnommen wurden und seitdem die Arbeitslöhne nicht unerhebliche Steigerungen erfahren haben.

Tabelle über die speciellen Kosten verschiedener Wiesenbau-Systeme.

Wiesenbau-Systeme	Kosten pro Hektar M	Bemerkungen
Ueberstauungs-Anlagen	50—150	
Stauberieselung	60—100	Ausnahmsweise bis 180 M.
Natürlicher Hangbau	50—160	
Natürlicher Rückenbau	75—180	
Französische natürliche Anlagen	175	
Natürlicher Etagen-Rückenbau	180	
Kunstwiesen in der Boker Heide	360	Ausnahmsweise bis 660 M.
Vincent'sche Anlagen	300—450	
Siegener Kunstwiesen	700—1200	Im Durchschnitte 750 M.
Lüneburger Kunstwiesen	480—600	Ausnahmsweise bis 1200 M.
Kunstwiesen in der belgischen Campine	720	
Petersen'sche Anlagen	360—600	
Italienische Marcite	300	Bei geringer Erdbewegung; sonst bis 1000 M.

ANHANG.

Literatur des landwirthschaftlichen Wasserbaus.*)

A. Allgemeine Schriften.

Eytelwein, Handbuch der Mechanik und Hydraulik; Berlin 1842.

Bornemann, K. R., Die Hydrometrie oder practische Anleitung zum Wassermessen; Freiberg 1849.

Weisbach, J., Die Experimentalhydraulik; Freiberg 1855.

Rühlmann, Dr. M., Die Hydromechanik; Leipzig 1857.

Müller, F., Die Gebirgsbäche und ihre Verheerungen, wie die Mittel zur Abwendung der letzteren; Landshut 1857.

Humphreys, Captain, and **Abbot,** Lieutenant, Report upon the Physics and Hydraulics of the Mississippi-River etc.; Philadelphia 1861.

Möllendorff, G. von, Die Regenverhältnisse Deutschlands und die Anwendbarkeit der Regenbeobachtungen bei Ent- und Bewässerungen; Görlitz 1863.

Darcy, M. H., Recherches hydrauliques, continuées par **M. H. Bazin,** I. Partie, Recherches expérimentales sur l'écoulement de l'eau dans les canaux découverts; Paris 1865.

Grebenau, H., Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen nach den auf Kosten der Vereinigten Staaten von Nordamerika vorgenommenen Untersuchungen des Mississippi-Stromes und dem Berichte Humphreys' und Abbot's; München 1866.

Jelinek, Dr. C., Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen; Wien 1869.

Collignon, Édouard, Cours de mécanique appliquée aux constructions, II. partie. Hydraulique; Paris 1870.

---

*) Die hier aufgeführten Schriften bilden nur einen Auszug aus der reichhaltigen Literatur des landwirthschaftlichen Wasserbaus sowie der grundlegenden Disciplinen desselben; unter den neueren Werken sind aber die wichtigeren vollständig angegeben. Publicationen in Zeitschriften konnten wegen Raummangel nicht aufgeführt werden.

Wex, Ueber die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen bei gleichzeitiger Steigerung der Hochwässer in den Culturländern; Wien 1873. Zweite Abhandlung unter dem gleichen Titel; Wien 1879.

Ebermayer, Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden; Aschaffenburg 1873.

Graeff, M., Mémoire sur le mouvement des eaux dans les réservoirs à alimentation variable; Paris 1873.

Lorenz und **Rothe,** Lehrbuch der Klimatologie; Wien 1874.

Rühlmann, Dr. M., Allgemeine Maschinenlehre, 2. Auflage; Braunschweig 1875.

Harlacher, A. R., Beiträge zur Hydrographie des Königreiches Böhmen; Prag 1875.

Lowis d'A. Jackson, Hydraulic manual; London 1875.

Downing, Samuel, Elements of practical hydraulics; London 1875.

Weisbach, Dr. Julius, Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik, 4. Auflage, bearbeitet von L. Herrmann; Braunschweig 1876.

Weisbach's Ingenieur, herausgegeben von G. Querfurth; Braunschweig 1877.

Kutter, W. R., Die neuen Formeln für die Bewegung des Wassers in Canälen und regelmässigen Flussstrecken, 2. Auflage; Wien 1877.

Lauterburg, R., Versuch zur Aufstellung einer allgemeinen Uebersicht der aus der Grösse und Beschaffenheit der Flussgebiete abgeleiteten schweizerischen Strom-Abflussmengen, 2. Auflage; Bern 1876.

Bebbe, J. von, Die Regenverhältnisse Deutschlands; München 1877.

Lauterburg, R., Ueber den Einfluss der Wälder auf die Quellen und Stromverhältnisse der Schweiz; Bern 1877.

Roeder, O., Tafeln der mittleren Wassergeschwindigkeit und der Wassermengen, in jeder Zeitsecunde berechnet; Leipzig 1877.

Harder, P. E., Die Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen; Hamburg 1878.

Lorenz von Liburnau, Dr. J. R. Ritter von, Wald, Klima und Wasser; München 1878.

Meissner, G., Die Hydraulik und die hydraulischen Motoren; Jena 1878.

Domaszewski, V. von, Das Wasser als Quelle der Verwüstung und des Reichthums; Wien 1879.

Plenkner, W., Ueber die Bewegung des Wassers in natürlichen Wasserläufen; Leipzig 1879.

Tiefenbacher, L. E., Die Ermittelung der Durchflussprofile mit besonderer Berücksichtigung der Gebirgs- und Wildbäche; Wien 1879.

Demontzey, P., Studien über die Arbeiten der Wiederbewaldung und Berasung der Gebirge, übersetzt von A. Freiherrn von Seckendorff; Wien 1880.

Gieseler, Dr. E., Lehrbuch des Erdbaus; Bonn 1880.

Pestalozzi, C., Die Geschiebsbewegung und das natürliche Gefälle der Gebirgsflüsse; Zürich 1880.

Sasse, O., Ueber die Wasserabnahme in den Bächen und Strömen Deutschlands; Halle 1880.

Harlacher, A. R., Die Messungen in der Elbe und Donau und die hydrometrischen Apparate und Methoden des Verfassers; Leipig 1881.

Riedel, J., Die Wasserverhältnisse in Schlesien; Wien 1881.

Wagner, J. von, Hydrologische Untersuchungen an der Weser, der Elbe, dem Rhein und mehreren kleineren Flüssen; Braunschweig 1881.

Bierzy, A., Torrents, fleuves et canaux de la France; Paris 1881.

Toussaint, F. W., Die ökonomische Vertheilung und Benutzung von Boden und Wasser; Berlin 1882.

Harcourt, L. F., A treatise on rivers and canals; Oxford 1882.

Breitenlohner, Dr. J., Wie Murbrüche entstehen, was sie anrichten und wie man sie bändigt; Wien 1883.

Mohn, H, Grundzüge der Meteorologie, 3. Auflage; Berlin 1883.

Reis, Dr. P., Die periodische Wiederkehr von Wassernoth und Wassermangel im Zusammenhange mit den Sonnenflecken, den Nordlichtern und dem Erdmagnetismus; Leipzig 1883.

Sonklar, Edler von Innstädten, Von den Ueberschwemmungen; Wien 1883.

Schmid, J., Hydrologische Untersuchungen an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern; München 1884.

Leo, W., Der Torf, sein Vorkommen und seine Benutzung, Annalen der Landwirthschaft, Monatshefte, Band 48, Seite 343; Berlin 1866.

Vincent, L., Studien über die Entstehung der Moore und Brücher, Annalen der Landwirthschaft, Monatshefte, Band 52, Seite 34; Berlin 1868.

Falkmann, L. B., Ueber die Entstehung und allgemeine Beschaffenheit der Torfmoore, Annalen der Landwirthschaft, Monatshefte, Band 56, Seite 99; Berlin 1870.

Peters, W., Die moderne Moorcultur; Osnabrück 1874.

Potočnik, Franz, Denkschrift über den Laibacher Morast; Laibach 1875.

Die Moorgebiete des Herzogthumes Bremen. Veröffentlicht auf Anordnung des Königlich Preussischen Ministeriums für die landwirthschaftlichen Angelegenheiten; Berlin 1877.

B. Technischer Wasserbau.

Fynje, H. F., Verslag over het Stoomwerktuig in den Polder van Wamel, Dreumel en Alphen; Nijmegen 1849.

Gumppenberg-Pöttmes, J. Freiherr von, Der Wasserbau an Gebirgsflüssen; Augsburg 1860.

Becker, M., Der Wasserbau in seinem ganzen Umfange, 2. Auflage; Stuttgart 1861.

Morin, Des machines et appareils destinés à l'élevation des eaux. Nr. 59—86: Machines élevatoires employées à l'irrigation; Paris 1863.

Dengler, Leopold, Weg-, Brücken- und Wasserbaukunde; Stuttgart 1863.

Storm-Buysing, Handleiding tot de Kennis der Waterbouwkunde; Breda 1864.

Chiolich-Löwensberg, H. von, Anleitung zum Wasserbau; Stuttgart 1865.

Bauernfeind. Vorlegeblätter zur Wasserbaukunde; München 1866.

Zeichnungen über Wasser- und Strassenbau zu den Vorträgen des Professors Baumeister an der polytechnischen Schule zu Carlsruhe; Carlsruhe.

Zeichnungen von Wasserbauten, Wehren u. dergl., herausgegeben von den Schülern der polytechnischen Schule zu Hannover; Hannover 1866.

Hagen, G., Handbuch der Wasserbaukunst, 3. Auflage; Berlin 1869—1873.

Promnitz, J., Die Fangdämme, Spundwände, Rammen und Wasserschöpfmaschinen; Halle 1869.

Krantz, J. B., Etude sur les murs de réservoirs; Paris 1870.

Petermann, C., Beiträge zum Schleusen- und Brückenbau; Stuttgart 1875.

Pestalozzi, K., Eiserner Brückenbelag; Zürich 1876.

Berghuis, F. L., Handboek voor Waterbouwkunde; Groningen 1876.

Ehmann, Dr. von, Die Versorgung der wasserarmen Alb mit fliessendem Trink- und Nutzwasser und das öffentliche Wasser-Versorgungs-Wesen im Königreich Württemberg; Stuttgart.

Fink, C., Theorie und Construction der Brunnen-Anlagen, Kolben- und Zentrifugalpumpen, der Turbinen u. s. w., 2. Auflage; Berlin 1878.

Bodson, Delienne et Leclercq, Le barrage de la Gileppe; Liège 1878.

Ansted, D. T., Water and water-supply, chiefly in reference to the British Islands; London 1878.

Klasen, L., Handbuch der Fundirungs-Methoden im Hochbau, Brückenbau und Wasserbau; Leipzig 1879.

Lorenz, Dr. J. R. Ritter von, Was thut dem Wasserbau noth? Wien 1879.

Frauenholz, W., Das Wasser in Bezug auf wirthschaftliche Aufgaben der Gegenwart; München 1881.

Franzius, L., und **Sonne, Ed.**, Der Wasserbau, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Band, 2. Auflage; Leipzig 1882.

Becker, M., Handbuch der Ingenieurwissenschaft, Band V; Leipzig 1883.

Franzius, L., und **Lincke, F.**, Die Baumaschinen, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Band IV; Leipzig 1883.

Salis, A. von, Das schweizerische Wasserbauwesen: Organisation, Leistungen, Bausysteme; Bern 1883.

C. Meliorationen im Allgemeinen.

Jaubert de Passa, Voyage en Espagne dans les années 1816—1819, ou recherches sur les arrosages, sur les lois et coutumes qui les régissent; Paris 1823.

Rossi, V. A., Memoria per un piano di lavori pel diffinitivo bonificamento della Campagna Vicana; Napoli 1843.

Nadault de Buffon, Des canaux d'irrigation de l'Italie septentrionale dans leur rapports avec ceux du midi de la France; Paris 1843—44.

Pareto, R., Irrigation et assainissement des terres. Traité de l'emploi des eaux en agriculture, 4 vols; Paris 1851.

Nadault de Buffon, Cours d'agriculture et d'hydraulique agricole; Paris 1853.

Smith, R. Baird, Italian Irrigation; London 1855.

Wurffbain, Nachrichten über Landes-Meliorationen, insbesondere über die Melioration der Boker Heide in der Provinz Westfalen durch Ent- und Bewässerung; Berlin 1856.

Gevers van Endegeest, Over de droogmaking van het Haarlemmer Meer; Amsterdam 1857.

Die Trockenlegung des Haarlemmer Meeres nach Storm-Buysing, bearbeitet von Oppermann; Zeitschrift des Hannoverschen Architekten- und Ingenieurvereines, Band XI, Seite 258; Hannover 1865.

Haffer, Die Melioration der Tuchelschen Heide; Berlin 1857.

Beschulte, W., und **Honstedt, G. W. von**, Die Melioration des Wietzebruches; Hannover 1858.

Smith, R. Baird, Irrigation of Southern India; London 1860.

Estrada, D. F., Reseña histórica sobre las aguas con que se riega la huerta de Alicante; Alicante 1860.

Dassel, H., Beitrag zum Bewässerungsproject der Wietze-Niederung; Celle 1861.

Hidalgo Tablada, Manual de riegos; Madrid 1861.

Der Binnenflussbau im Grossherzogthum Baden, bearbeitet von der Grossherzoglichen Oberdirection des Wasser- und Strassenbaus; Carlsruhe 1863.

Dumont, A., Pratique des distributions d'eau; Paris 1863.

Berg, Die Entwässerung des Blocklandes im Gebiete der Freien Hansestadt Bremen; Hannover 1864.

Aymard, Maurice, Irrigations du midi de l'Espagne; études sur les grands travaux hydrauliques et le régime administratif des arrosages de cette contrée; Paris 1864.

Culmann, Bericht über die Untersuchung der Schweizer Wildbäche; Zürich 1864.

Dupuit, J., Traité théorique et pratique de la conduite et de la distribution des eaux, 2. edition; Paris 1865.

Knesebeck, v. d., und **Klehmet**, Die Melioration der Niederungen der Notte und ihrer Zuflüsse; Berlin 1865.

Scotini, Cav. Gedeone, Memorie idrauliche premesse ai progretti per la regolazione delle acque delle Provincie sulla destra del Bassa-Po; Torino 1865.

Torelli, L., Sulle bonifacioni, risaie ed irrigazioni del regno d'Italia; Milano 1865.

Treuding, F. A., Ueber Ent- und Bewässerung der Ländereien; Hannover 1866.

Doehl, C., Das Meliorationswesen des Preussischen Staates; Brandenburg 1866.

Cotton, Sir A., Results of irrigation works in Godaveri district; London 1866.

Michaelis, K., Beschreibung von Wasserbauanlagen in Irland für Entwässerung, Binnenschifffahrt, Nutzbarmachung von Wasserkraft u. s. w.; Berlin 1866.

Beck, Otto, Land- und volkswirthschaftliche Tagesfragen über Ent- und Bewässerungsanlagen; Trier 1866—1868.

Breton, Philippe, Mémoire sur les barrages de retenue des graviers dans les gorges des torrents; Paris 1867.

Nadault de Buffon, Hydraulique agricole; des submersions fertilisantes etc.; Paris 1867.

Röder, Die Loire und ihre Wasserverhältnisse; Berlin 1867.

Eyth, Max, Das Agricultur-Maschinenwesen in Aegypten; I. Die landwirthschaftliche Bewässerung Aegyptens; Stuttgart 1867.

Lentz, Die Melioration des Unstrutthales von Heldrungen bis Nebra; Halle 1867.

Weyrauch, J. J., Der Escher-Linth-Canal, historisch technische Studie; Zürich 1868.

Legler, G. H., Hydrotechnische Mittheilungen über Linth-Correction, Runsenbauten etc.; Glarus 1868.

Bericht über die Ausführung der Melioration der in dem Regierungsbezirk Posen belegenen Obra-Bruchgegenden; Kosten 1868.

Dünkelberg, Dr. F. W., Der Cultur-Ingenieur; gemeinnützige Vierteljahrsschrift zur Förderung und Verbreitung polytechnischer Kenntnisse in ihrer Anwendung auf Landwirthschaft, 3 Bände; Braunschweig 1868—1871.

Moncrieff, C. C. S., Irrigation in Southern Europe; London 1868.

Bucchia, G., Sul progretto d'irrigazione dell' agro Monfalconese, compilato dall' ingegnere Dr. R. A. Vicentini; Gorizia 1868.

Künzel, Ferdinand, Die Regulirung des Dobrabaches; Dresden 1869.

Hess, Die Entwässerung des Wietzebruchs und die Bewässerung durch Leinewasser, Cultur-Ingenieur, Band II, Seite 1; Braunschweig 1869.

Hess, Die Meliorationsanlagen in der Feldmark Langlingen, Cultur-Ingenieur, Band II, Seite 263; Braunschweig 1869.

Salis, A. von, Bericht über die Verbauung des Glenners und grösserer Flüsse im Allgemeinen; Chur 1870.

Sterneborg, J. H., Mittheilungen über Culturversuche an früher versumpften, jetzt trocken gelegten, mit Moor bedeckten Flächen; Lippstadt 1870.

Altvatter, O. von, Denkschrift zu dem Projecte für die Bewässerung des Marchfeldes; Wien 1871.

Reuleaux, F., Ueber das Wasser und seine Bedeutung für die Völkerwohlfahrt; Berlin 1871.

Hess, A., Die Melioration der Alpe-Niederung; Hannover 1871.

Vincent, L., Ueber den Nutzen der Be- und Entwässerung mit Bezug auf das Bremische Gebiet; Bremen 1871.

Marcard, E., Ueber die Canalisirung der Hochmoore im mittleren Emsgebiete; Osnabrück 1871.

Riera y Parera, D. M., Manual de canales de riego, que comprende su trazado, construccion y legislacion; Madrid 1871.

Surell, Alexandre, Étude sur les torrents des hautes Alpes, deuxième édition par Cézanne; Paris 1870 und 1872.

Baccarini, A., Sul compimento delle opere di bonificazione e sulla definitiva regolazione della acque nelle maremme Toscana; Roma 1872.

Relazione della Commissione tecnica dei canali irrigui della Provincia di Terra di Lavoro; Napoli 1872.

Toussaint, F. W., Die Bodencultur und das Wasser; Breslau 1872.

Dünkelberg, Dr., Culturtechnische Skizzen über eine Bereisung Tyrols, zwei Hefte; Innsbruck 1872 und 1873.

Hess, Die Bewässerungsanlagen Oberitaliens; Hannover 1873.

Stefanović von Vilovo, J. Ritter von, Die Entsumpfung der Niederungen der Theiss und des Banats; Wien 1874.

Costa de Bastelica, M., Les torrents des Alpes; Paris 1874.

Laffineur, J., Guide pratique de l'ingénieur agricole hydraulique. Dessèchements, drainage, irrigations etc.; Paris 1874.

Hoe staat het toch met de Droogmaking van het zuidelijk gedeelte der Zuidersee; Gravenhagen 1874.

Alexander, Mendell and Davidson, Report on the irrigation of some valleys of California; Washington 1874.

Borgesius, T., Landontginning en Landbouw in de Vehkolonien der Provincie Groningen.

Borgesius, T., Urbarmachung und Landbau in den Moorcolonien der Provinz Groningen; Osnabrück 1875. (Uebersetzung des vorstehenden Werkes.)

Toussaint, F. W., Technische und administrative Instructionen über Einleitung, Ausführung und Unterhaltung landwirthschaftlicher Ent- und Bewässerungsanlagen; Metz 1875.

Breton, P., Etudes sur le système général de défense contre les torrents; Paris 1875.

Das Bewässerungs-Consortium des Gebietes Monfalcone, Küstenland; Udine 1876.

Spaunbauer, J. N., Die Canalisirung der Slavonischen Drau-Donau-Ebene; Essek 1876.

Vincent, L., Bewässerung und Entwässerung der Aecker und Wiesen; Berlin 1876.

Debauve, A., Manuel de l'ingenieur des ponts et chaussées, XVIII Fasciculé; Des eaux en agriculture; Paris 1876.

Hess, A., Die Correction der Wildbäche; Halle a. d. S. 1876.

Die Regulirung des Saveflusses, dann die Ent- und Bewässerung des Savethales in Kroazien und Slavonien, herausgegeben über Anordnung des k. k. General-Commandos zu Agram; Agram 1876.

Hobohm, Heinrich, Project der Canalisirung, Ent- und Bewässerung des „Alföld" (der ungarischen Tiefebene); Wien 1876.

Brisse, A., Deséchement du lac Fucino, exécuté par S. E. le Prince Alex. Torlonia; Rome 1876.

Barral, J. A., Les irrigations dans le département des Bouches du Rhône; Paris 1876.

Rapport sur le concours ouvert en 1875 pour le meilleur emploi des eaux d'irrigations dans le département des Bouches du Rhône; Paris 1876.

Deutsch, J., Die Ueberschwemmung und ihre Ursachen; Wien 1877.

Hess, Die Bedeutung des Rostock-Berliner Schifffahrtscanales für die landwirthschaftlichen Interessen in der Provinz Brandenburg; Rostock 1877.

Hobohm, Heinrich, Grundzüge für die Beseitigung der Ueberschwemmungen mit gleichzeitiger Durchführung der künstlichen Bewässerung nach einem neuen Systeme; Wien 1877.

Dünkelberg, Dr. F. W., Die Schifffahrtscanäle in ihrer Bedeutung für die Landes-Melioration; Bonn 1877.

Podhagsky, Johann von, Technischer Bericht zu dem Projecte für die Marchfeldbewässerung; Wien 1877.

Hédouville, L. de, Essai sur le régime des eaux dans ses rapports avec l'agriculture; Bar-le-Duc 1877.

Stewart, H., Irrigation for the farm, garden and orchard; New-York 1877.

Bericht des zur Vorberathung der March - Regulirungs - Frage entsendeten Comités; Wien 1878.

Dünkelberg, F. W., Die Culturtechnik in ihrer systematischen Anwendung auf Vorarlberg und die Melioration seiner Rheinebene; Bonn 1878.

Hess, Die Melioration der in den Preussischen Aemtern Bruchhausen und Syke und im Braunschweigischen Amtsgerichtsbezirk Thedinghausen belegenen Niederungen; Hannover 1878.

Mittheilungen über landwirthschaftlichen Wasser- und Wegebau in Elsass-Lothringen während der Jahre 1871—1877, zusammengestellt im Kaiserlichen Oberpräsidium; Strassburg 1878.

Peyer, F., und **Brindl, F.,** Die Melioration der Save-Niederungen, speciell der Gebiete der Lonja und Odra; Wien 1878.

Röder, O., Die Meliorationen im Havellande; Berlin 1878.

Schubert, Dr. F. C., Landwirthschaftlicher Wege- und Brückenbau; Berlin 1878.

Toussaint, F. W., Die landwirthschaftliche Wasserfrage, Heft I u. II; Prag 1877 und 1878.

Wey, J., Correction der Binnengewässer im Bezirk Werdenberg; Ragaz 1878.

Llauradó, A., Tratado de aguas y riegos; Madrid 1878.

Dick, A., Die naturwidrige Wasserwirthschaft der Neuzeit; Wiesbaden 1879.

Honsell, M., Der Bodensee und die Tieferlegung seiner Hochwasserstände; Stuttgart 1879.

Lehmann, Dr. F. W., Die Wildbäche der Alpen; Breslau 1879.

Overmars, H., Die Theis-Ueberschwemmungen; Budapest 1879.

Riedel, J., Eine Studie über Culturtechnik, der Zustand derselben in Elsass-Lothringen; Wien 1879.

Schubert, Dr. F. C., Landwirthschaftlicher Wasserbau; Berlin 1879.

Chizzolini, Della ricerca et utilizzazione delle acque di sorgenti; Milano 1879.

Heuschmid, O., Landesmelioration, Moorkultur, Arrondirung und Spüljauchenrieselung; München 1880.

Series of rapports to irrigation in the Madras Presidency, 4 vol.

Kinzigbau, Der, und seine Folgen; aus amtlichen Quellen, bearbeitet von dem technischen Bureau der Oberdirection des Wasser- und Strassenbaues; Offenburg 1881.

Kovatsch, M., Das obere Fellagebiet im Canalthale in Kärnten und die dortigen Wasserbauten mit Untersuchungen über Steinkästen und Thalsperren; Wien 1881.

Markus, E., Das landwirthschaftliche Meliorationswesen Italiens; Wien 1881.

Němec, A., Das Land und das fliessende Wasser; Teschen 1881.

Schneider, J. R., Das Seeland der Westschweiz und die Correction seiner Gewässer; Bern 1881.

Lanfranconi, E., Rettung Ungarns vor Ueberschwemmungen; Budapest 1882.

Nosek, Th., Die Marchfluss-Regulirung und der Donau-Oder-Canal (Landtags-Bericht); Brünn 1882.

Stefanović von Vilovo, J. Ritter von, Die Trockenlegung des Werschetz-Alibunarer Morastes und der Canal Szatmar-Arad-Palanka; Werschetz 1882.

Roth, H. L., Notes on continental irrigation; London 1882.

Denkschrift über die Verminderung der Hochwasser-Verheerungen im Flussgebiet der Steinlach durch Anlage von Sammelweihern; Stuttgart 1883.

Dünkelberg, Dr. F. W., Encyclopädie und Methodologie der Culturtechnik, 2 Bände; Braunschweig 1883.

Frauenholz, W., Ueber die bessere Benutzung des Wassers und der Wasserkräfte und über den Schutz vor Wasserschäden; München 1883.

Hess, Die Bewässerungs-Anlagen im südlichen Theile der Landrostei Lüneburg, insbesondere die Müden-Nienhöfer Melioration; Hannover 1883.

Kaiser, O., Beiträge zur Pflege der Bodenwirthschaft mit besonderer Rücksicht auf die Wasserstandsfrage; Berlin 1883.

Markus, E., Die Regulirung des Ostrawitza-Flusses; Wien 1883.

Massenbach, G. Freiherr von, Practische Anleitung zur Rimpau'schen Moordammcultur; Berlin 1883.

Scott, J., Irrigation and water-supply. A practical treatise on water meadows, sewage irrigation and warping; London 1883.

Stefanović von Vilovo, J. Ritter von, Ungarns Stromregulirungen; Wien 1883.

Seckendorff, Dr. A. Freiherr von, Verbauung der Wildbäche, Aufforstung und Berasung der Gebirgsgründe; Wien 1884.

D. Deichwesen.

Christiani, W., Das Oderbruch; Wriezen 1855.

Wehrmann, Die Eindeichung des Oderbruches; Berlin 1861.

Dannemann, Die Melioration des Warthebruches; Berlin 1866.

Kletke, G. M., Das Deichwesen des Preussischen Staates; Berlin 1868.

Comoy, Mémoires sur les ouvrages de défense contre les inondations, 2. édition, Paris 1868.

Russ, Das Deichwesen an der unteren Elbe; Berlin 1870.

Tenge, O., Die Deiche und Uferwerke im zweiten Bezirk des zweiten Oldenburgischen Deichverbandes; Oldenburg 1878.

Schlichting, J., Anderweitige Eindeichung der Flussthäler; Sorau 1880.

E. Drainage.

Johnstone, John, The mode of draining land, according to the system practised by the late M. Joseph Elkington; London 1841.

Parkes, Josiah, Essays on the Philosophy and Art of Land-drainage; London 1844 und 1846.

Mechi's Experience in Drainage; London 1846 und 1849.

Stephens, Henry, A manuel of practical draining; Edinburg und London 1847.

Doblhoff, A. Freiherr von, Ueber die Drainage; Leipzig 1851.

Gropp's Erfahrungen über unterirdische Wasserabzüge mit Thonröhren u. s. w.; Zerbst 1851.

Schmidt, G. F., Vollständiges Handbuch der Trockenlegung der Felder durch Unterdrains; Stuttgart 1851.

Gropp, Herrmann, Deutsches Drainbuch; Berlin 1852.

Stöckhardt, C., Die Drainage oder die Entwässerung des Bodens durch Thonröhren; Leipzig 1852.

Gumprecht, Gesammelte Bemerkungen über Trockenlegung der Felder durch unterirdische Wasserabzüge; Berlin 1852.

Mittheilungen über die Entwässerung des Bodens durch unterirdische Röhrenleitungen (Drainage). Aus den Acten des (Preussischen) Ministeriums für die landwirthschaftlichen Angelegenheiten; Berlin 1852.

John, Dr. E., Zeitschrift für die deutsche Drainirung, Jahrgang 1852—1857; Berlin.

Mangon, Hervé, Études sur le drainage au point de vue pratique et administratif; Paris 1853.

Hirschfeld, W., Die Drainage mit besonderer Berücksichtigung der norddeutschen Ebene; Kiel 1853.

Leclerc, J. M. J., Traité de drainage; Brüssel 1853.

Kreuter, Franz, Practisches Handbuch der Drainage, 2. Auflage; Wien 1854.

Stephens, Henry, The Yester deep land-culture, beeing a detailed account of the method of cultivation, which has been successfully practised for several years by the Marquis of Tweedale at Yester; Edinburg und London 1855.

Mangon, Hervé, Instructions pratiques sur le drainage, réunies par ordre du ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics; Paris 1855.

Schober, Hugo, Zur Förderung der Drainage; Dresden 1856.

Leclerc, J., Anleitung zur practischen Drainage, deutsch von **R. Werdermann**; Berlin 1856.

Kielmann, C. E., Die Drainage nach eigenen Beobachtungen bei practischer Anwendung; Cassel 1857.

Instruction der Königlichen General-Commission für Schlesien für Feldmesser und Draintechniker zur Entwerfung und Ausführung von Drainplänen; Berlin 1857.

Hamm, W., Katechismus der Drainirung, 2. Auflage; Leipzig 1858.

Benoit, E., Système de drainage; Paris 1858.

Wauer, H., Die Drainirung; Berlin 1859.

Fürstenhaupt, F. G., Practisches Handbuch der Bodencultur durch Entwässerung, Bewässerung und Umwandlung, I. Abtheilung: Entwässerung; Berlin 1860.

Denton, J. B., Underdrainage, its progress and results; London 1860.

Allard, O., Der Drainbau und sein unmittelbarer Einfluss auf das Gedeihen der Nährpflanzen; Berlin 1861.

Barral, J. A., Drainage des terres arables; Paris 1862.

Kopp, J., Anleitung zur Drainage; Frauenfeld 1865.

Klippart, J. H., The principles and practices of land drainage, II Edition; Cincinnati 1869.

French, H. F., Farm drainage; New-York 1871.

Vincent, L., Die Drainage, deren Theorie und Praxis, 5. Auflage; Leipzig 1873.

Mayer, E., Instruction für Feldmesser und Draintechniker zur Entwerfung und Ausführung von Drainplänen; Posen 1875.

Perels, Dr. Emil, Die Trockenlegung versumpfter Ländereien mit besonderer Berücksichtigung der Drainage; Berlin und Leipzig 1875.

Heusinger von Waldegg, Edmund, Die Ziegel- und Röhrenfabrikation, 3. Auflage; Leipzig 1876.

Němec, A., Die Boden-Entwässerung in der Landwirthschaft mit besonderer Berücksichtigung der Drainage; Wien 1882.

F. Wiesenbewässerung.

Patzig, G. C., Der practische Rieselwirth; Leipzig 1840.

Schenk, Der Wiesenbau, insbesondere des Siegener Landes, 2. Auflage; Siegen 1843.

Nadault de Buffon, Traité théorique et pratique des irrigations; Paris 1843.

Vorländer, F., Die Siegen'sche Kunstwiese, 2. Auflage; Siegen 1844.

Lengerke, von, Anleitung zum practischen Wiesenbau; Prag 1844.

Puvis, A., Irrigation des prés des Vosges; Paris 1846.

Keelhoff, J., Traité pratique de l'irrigation des prairies; Brüssel 1856.

Haffer, W., Wiesenkunde, erster Theil: Die Cultur der Wiesen und Moore; Berlin 1858.

Deby, Julien, Manuel d'irrigation; Brüssel.

Barral, J. A., Irrigations, engrais liquides et améliorations foncières permanentes; Paris 1862.

Fries, Dr. C. F. E., Lehrbuch des Wiesenbaus, bearbeitet von **Dr. F. W. Dünkelberg**, 2. Auflage; Braunschweig 1866.

Häfener, Franz, Der Wiesenbau in seinem ganzen Umfange, 3. Ausgabe; Stuttgart 1867.

Villeroy, F., & Muller, Adam, Manuel des irrigations, deuxième édition; Paris 1867.

Mangon, Hervé, Expériences sur l'emploi des eaux dans les irrigations; Paris 1869.

Vincent, L., Der rationelle Wiesenbau, dessen Theorie und Praxis, 3. Auflage; Leipzig 1870.

Fellenberg-Ziegler, A. von, Kurze Bewässerungslehre für den schweizerischen Landmann; Bern 1870.

Toussaint, F. W., Anleitung zum rationellen Grasbau mit specieller Berücksichtigung der Petersen'schen Culturmethode; Breslau 1870.

Reinike, A., Der Standpunkt des Wiesenbaus und Vorschläge über die bei Wiesenmeliorationen zu befolgenden Grundsätze; Lippstadt 1870.

Delius, Dr. A., Die Cultur der Wiesen und Grasweiden; Halle 1874.

Cossigny, J. Charpentier de, Notions élémentaires théoriques et pratiques sur les irrigations; Paris 1874.

Vidalin, F., Pratique des irrigations en France et en Algérie; Paris 1874.

Hector, J., Lehrbuch des rationellen Wiesenbaus und der Weidewirthschaft; Berlin und Leipzig 1876.

Meyn, Dr. Friedrich, Geschichte und Kritik des Wiesenbaus; Heidelberg 1876.

Dünkelberg, Dr. F. W., Der Wiesenbau in seinen landwirthschaftlichen und technischen Grundzügen, 2. Auflage; Braunschweig 1877.

Trojan, Bol., Ein Rückblick auf unseren Wiesenbau; Prag 1877.

Anderegg, J., Der rationelle Wiesenbau in Gebirgsgegenden; Stuttgart 1879.

Meyn, Dr. F., Grundzüge des Wiesenbaus und der Drainage; Heidelberg 1880.

Turrentin, C., Der Wiesenbau nach der neuen Methode des Hofbesitzers A. Petersen in Wittkiel, 2. Auflage; Schleswig 1864.

Turrentin, C., Die Petersen'sche Wiesenbaumethode und deren Resultate; Schleswig 1869.

Raumer, Carl von, Das Petersen'sche Be- und Entwässerungssystem; Berlin 1870.

Meuschke, Jul., Reform des Wiesenbaus auf Grund der Petersen'schen Wiesenbaumethode; Leipzig 1872.

Möller, P., Die Petersen'sche Wiesenbaumethode; Wismar 1876.

Braasch, Dr. A., Die Petersen'sche Wiesenbaumethode; Leipzig 1879.

G. Gesetzgebung.

Mauny de Mornay, Pratique et législation des irrigations dans l'Italie supérieure et dans quelques états de l'Allemagne; Paris 1844.

Lette, Die (Preussische) Gesetzgebung über Benutzung der Privatflüsse zur Bewässerung von Grundstücken; Berlin 1850.

Heyer, Die Hannoversche Gesetzgebung über Ent- und Bewässerung der Grundstücke; Celle 1861.

Endemann, Das ländliche Wasserrecht; Cassel 1862.

Barral, J. A., Législation du drainage, des irrigations etc.; Paris 1862.

Greiff, J., Die Preussischen Gesetze über Landescultur und landwirthschaftliche Polizei; Berlin 1866.

Nieberding, A., Wasserrecht und Wasserpolizei im Preussischen Staate; Breslau 1866.

Haag, Das Gesetz über die Be- und Entwässerungs-Unternehmungen zum Zwecke der Bodencultur; München 1866.

Kletke, Dr. G. M., Die Rechtsverhältnisse der Landescultur-Genossenschaften in Preussen; Berlin 1870.

Künzel, F., Königl. Sächsische Landescultur-Gesetze; Leipzig 1872.

Oesterreichische Reichs- und Landesgesetze über Benutzung, Leitung und Abwehr des Wassers; Sammlung der Reichs- uud Landesgesetze über das Gemeindewesen. Siebenter Theil; Wien 1872.

Peyrer, Karl, Die Zusammenlegung der Grundstücke; Wien 1873.

Nadault de Buffon, Considérations sur le régime légal des eaux de sources naturelles et artificielles; Paris 1877.

Bodungen, L. von, Das landwirthschaftliche Wassergesetz in Elsass-Lothringen; Strassburg 1877.

Schenkel, Dr. K., Das badische Wasserrecht, enthaltend das Gesetz vom 25. August 1876 über die Benutzung und Instandhaltung der Gewässer; Karlsruhe 1878.

Bülow, C. Freiherr von, und **Fastenau, E.**, Gesetz über die Bildung von Wassergenossenschaften vom 1. April 1879 unter Berücksichtigung der Regierungs-Motive und Landtags-Verhandlungen; Berlin 1879.

Nagel, H., Wasserbau-Vorschriften. Sammlung der in Württemberg geltenden Gesetze, Verordnungen und Verfügungen im Wasserbau; Stuttgart 1879.

Nadault de Buffon, Du Concours de l'état dans les entreprises d'intérêt agricole pouvent être déclarées d'utilité publique, telles que les irrigations, colmatages, limonages, submersions etc.; Paris 1879.

Peyrer, K., Das österreichische Wasserrecht; Wien 1880.

Pözl, Dr. J. von, Die bayerischen Wassergesetze vom 28. Mai 1852, 2. Auflage; Erlangen 1880.

ALPHABETISCHES SACHREGISTER.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

Q.

R.

S.

T.

Berlin, Druck von W. Büxenstein.

Hofstätten Feld

Erklärung:

Röhrenstränge von 0'04 Meter Durchm.

0'05

0'08

0'10

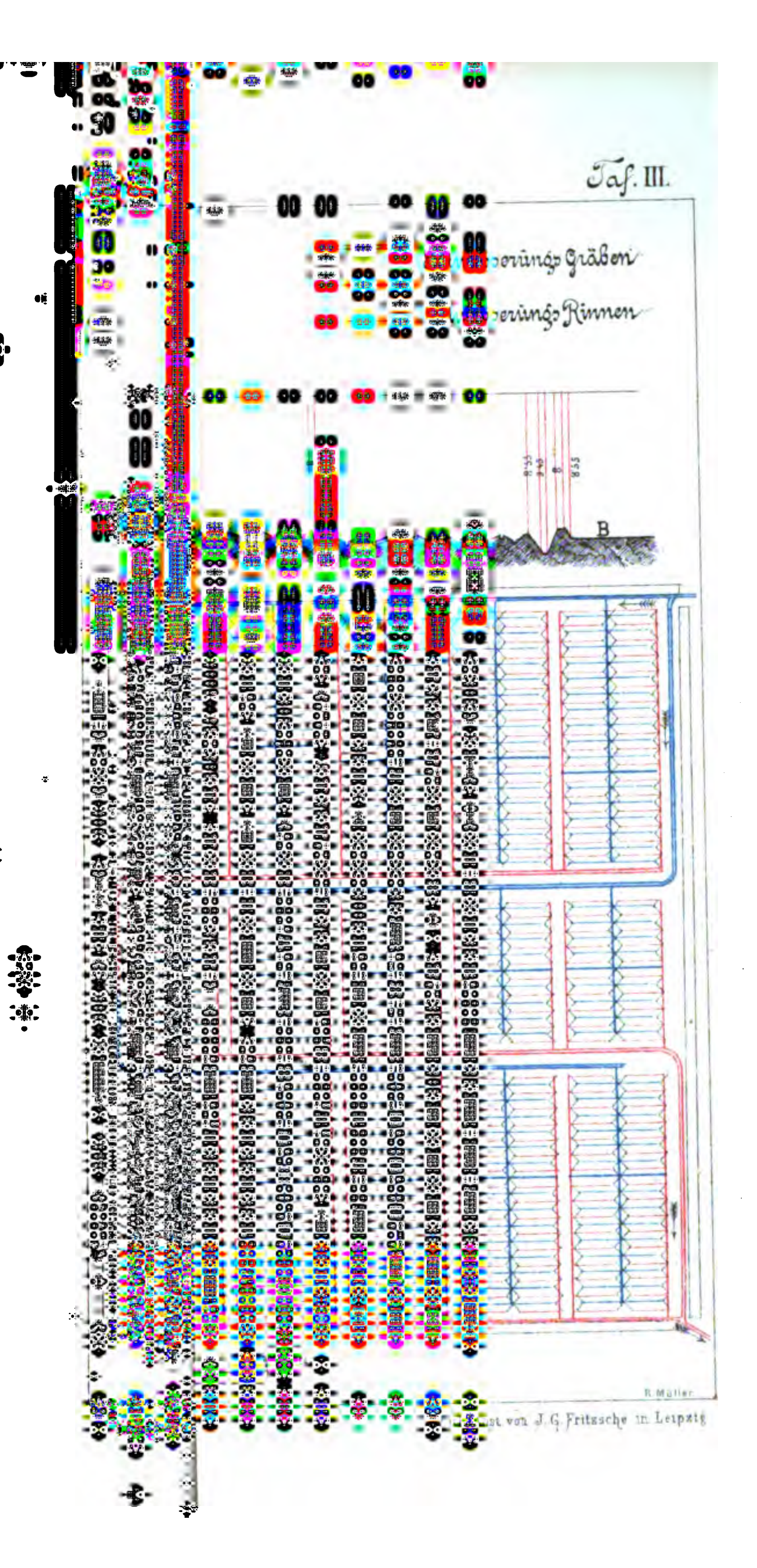
0'13

0'15

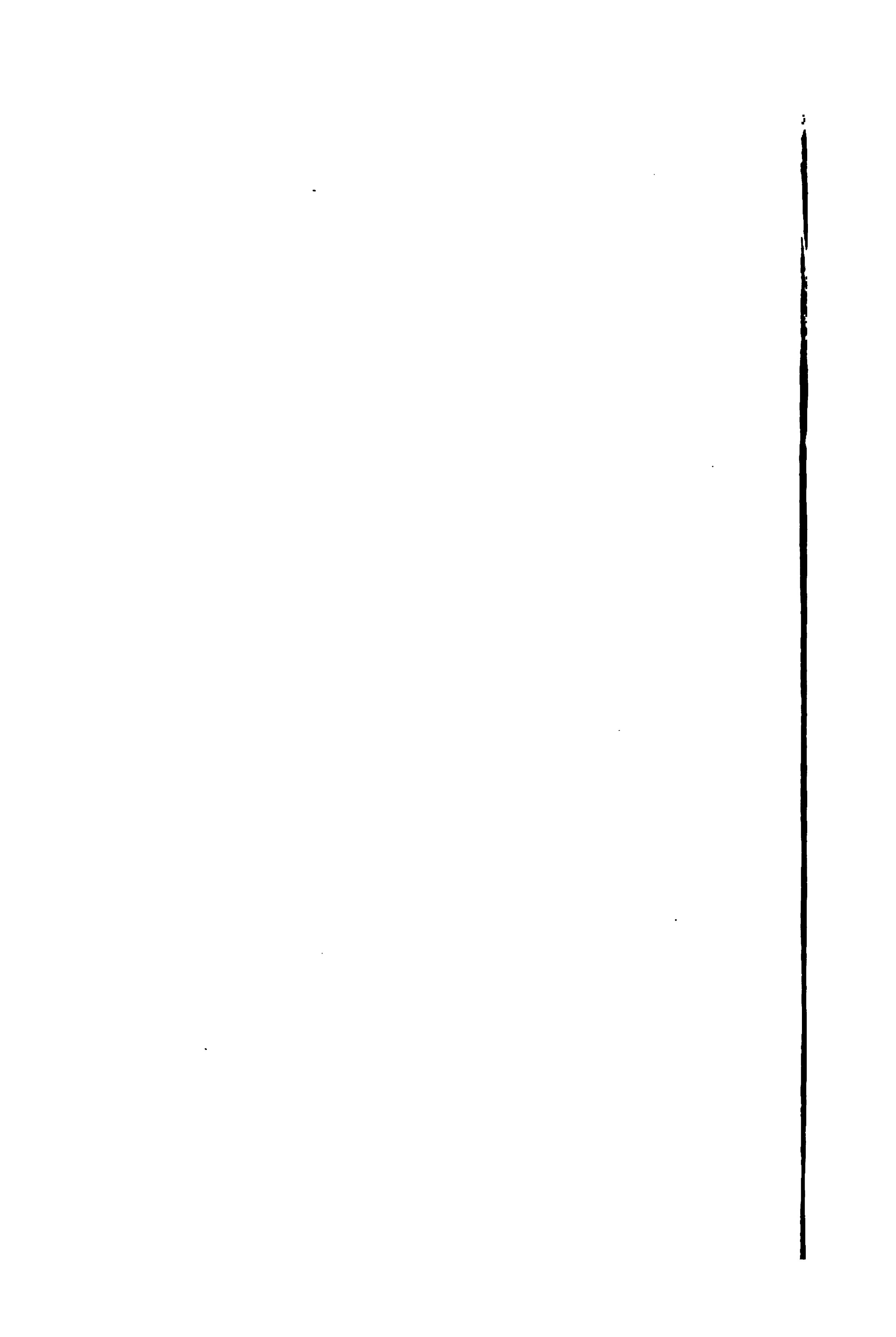
offener Auslaufgraben.

Verlag von Pa er 60.

Lith. Anst. von J G Fritzsche in Leipzig

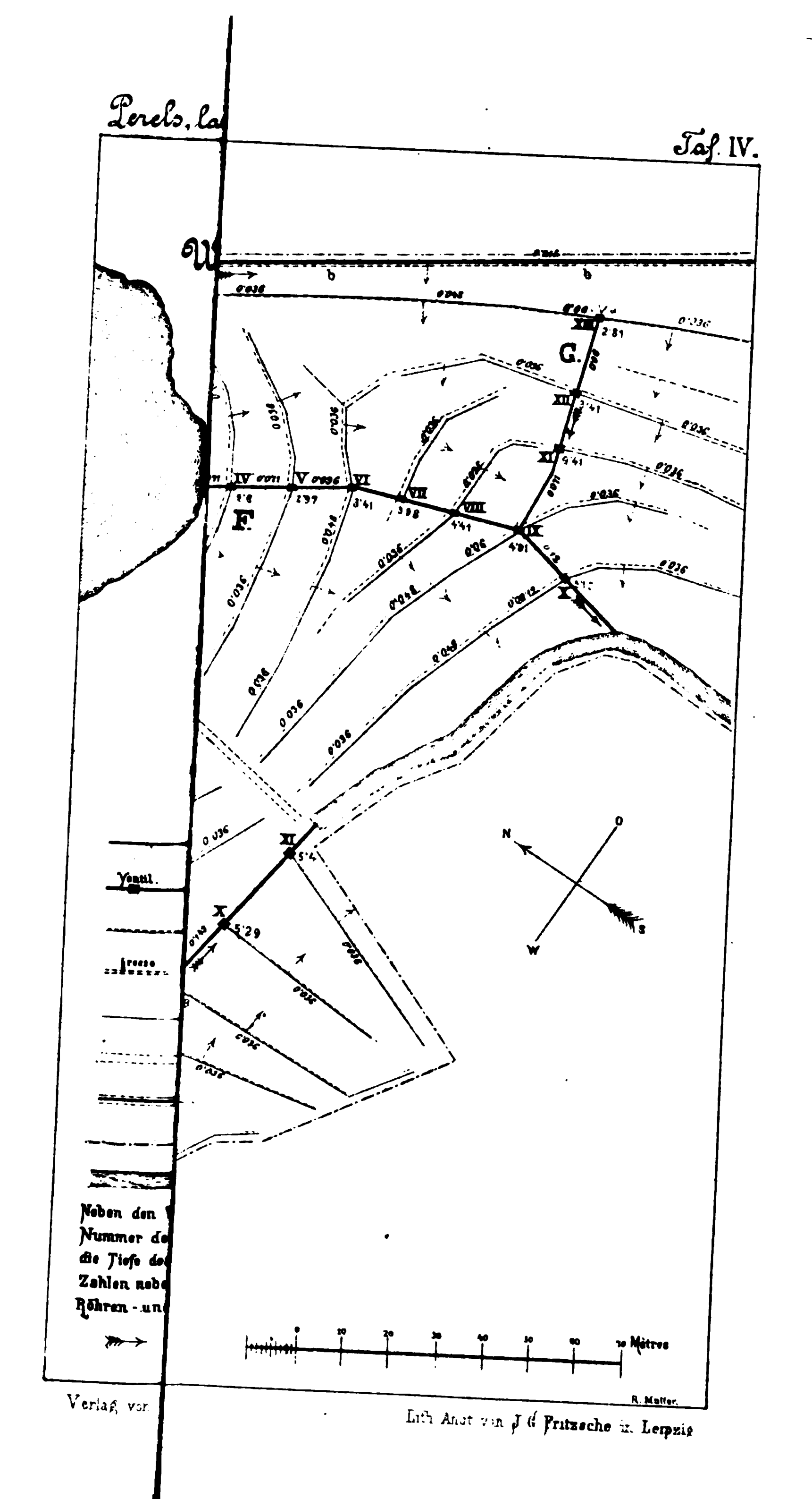


Taf. III.
B
von J. G. Fritzsche in Leipzig



Perels, la

Taf. IV.



Verlag von

Lith. Anst. von J. G. Fritzsche in Leipzig





